Arbeit aus dem Institut für Angewandte Genetik
der Freien Universität Berlin

INTROGRESSIONSVERSUCHE MIT AGROPYRON ELONGATUM (2n = 14) ZUR VERBESSERUNG VON TRITICALE

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
VORGELEGT DEM FACHBEREICH BIOLOGIE
DER
FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

von
Dipl.-Biol. Dorothe-Johanna Ziegler
aus Berlin
1985

UNIV. LEIDEN BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549620_0006

Druck: Copy-Center in Dahlem
Ladenbergstraße 2-4
1000 Berlin 33
Tel. 831 40 25

Arbeit aus dem Institut für Angewandte Genetik
der Freien Universität Berlin

INTROGRESSIONSVERSUCHE MIT AGROPYRON ELONGATUM (2n = 14) ZUR VERBESSERUNG VON TRITICALE

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
VORGELEGT DEM FACHBEREICH BIOLOGIE
DER
FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

von
Dipl.-Biol. Dorothe-Johanna Ziegler
aus Berlin
1985

Referenten:

1. Prof. Dr. K.-D. Krolow
2. Prof. Dr. G. Linnert

Tag der mündlichen Prüfung: 27.2.1985

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. Einleitung 6

1.1. Agropyron 6

1.2. Triticum-Agropyron-Amphidiploide 6

1.3. Einsatz der Triticum-Agropyron-Amphidiploide für die Triticalezüchtung 8

2. Material und Methoden 11

2.1. Material 11

2.2. Versuchsdurchführung und Abkürzungen 13

2.3. Methoden 14
2.3.1. Colchicinierungen 14
2.3.2. Kreuzungsmethode 15
2.3.3. Mitosisuntersuchung 16
2.3.4. c-banding-Methode 16
2.3.5. Meiosisuntersuchung 17
2.3.6. Morphologische Untersuchungen 17
2.3.7. Fertilitätsbestimmung 17

3. Ergebnisse 18

3.1. Colchicinierungen 18
3.1.1. Die Herstellung eines Amphidiploiden des Typs "Chinese spring" x A. elongatum (Agrotricum Amphidiploid) und von Agropyrontriticale des Typs Chinese/Agrop. x 2x-Roggen 18

3.2. Cytologischer Teil 19
3.2.1. Chromosomenzahlanalyse 19
3.2.1.1. Stabilität der somatischen Chromosomenzahl des 8x-Chinese/Agropyron-Amphidiploid 19
3.2.1.1.1. Effektive Gameten vom 8x-Chinese/Agropyron-Amphidiploid 19
3.2.1.2. Somatische Chromosomenzahl von A. elongatum und c-banding 21
3.2.1.3. Chromosomenvariabilität der F_1prim.-, F_1sec.-, F_1tert.- und F_1quart.-Pflanzen 22

Seite

3.2.1.3.1. Chromosomenvariabilität der F_1prim.-Pflanzen 22
3.2.1.3.2. Chromosomenvariabilität der F_1prim.S_1-Pflanzen 23
3.2.1.3.3. Chromosomenvariabilität der F_1sec.-Pflanzen 25
3.2.1.3.4. Chromosomenvariabilität der F_1tert.-Pflanzen 27
3.2.1.3.5. Chromosomenvariabilität der F_1quart.-Pflanzen 29
3.2.2. Meiosisuntersuchungen 38
3.2.2.1. Meiosis von Chinese/Agropyron 39
3.2.2.2. Meiosis von A. elongatum 2n=14 40
3.2.2.3. Meiosis der Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Weizen und Chinese/Agrop. x 4x-Weizen und reziprok 41
3.2.2.4. Meiosis der F_1prim.-Pflanzen 43
3.2.2.4.1. Metaphase I 43
3.2.2.4.2. Dyaden- und Tetradenstadium 47
3.2.2.5. Meiosis der F_1sec.- und F_1tert.-Pflanzen für die 4x-Ploidiestufe 52
3.2.2.6. Meiosis der F_1sec.- und F_1tert.-Pflanzen für die 6x-Ploidiestufe 54
3.2.2.6.1. Dyaden- und Tetradenstadium der F_1sec. und F_1tert. der 4x- und 6x-Ploidiestufe 65

3.3. Kreuzungen 70
3.3.1. Kreuzbarkeit zwischen 2x-, 4x- und 6x-Weizen mit A. elongatum 2n=14 70
3.3.2. Kreuzungen zwischen 6x autoalloploidem Roggen und 4x-Agropyron 72
3.3.3. Kreuzungen mit Chinese/Agropyron als Mutter zur Herstellung der F_1prim. 72
3.3.4. Kreuzungen mit der F_1prim. zur Herstellung der F_1sec. 73
3.3.5. Kreuzungen mit der F_1sec. zur Herstellung der F_1tert. 73

Seite

3.3.6. Kreuzungen mit der F_1tert. zur Herstellung der F_1quart. 73

3.4. Morphologie und Fertilität 83

3.4.1. Vergleich des Amphidiploids Chinese/Agrop. (2n=56) mit den Eltern "Chinese spring" Weizen und A. elongatum 83

3.4.2. Morphologie und Fertilität der F_1prim. 86

3.4.3. Vergleich der F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen mit ihrer colchicinierten Form 89

3.4.4. Morphologie und Fertilitätsuntersuchungen an der F_1sec. und F_1tert. 91

3.4.5. Fertilität der Selbstungen 92

3.4.6. Analyse der Kornqualität 105

4. Diskussion 111

4.1. Kreuzungen zwischen Triticum und Agropyron und zwischen Agropyrontriticale und Triticale 114

4.2. Meiosis 119

4.3. Krankheiten 127

4.4. Fertilität 130

4.5. Kornqualität 132

5. Ausblick 135

6. Zusammenfassung 137

7. Literaturverzeichnis 140

1. EINLEITUNG

1.1. Agropyron

Agropyronarten haben schon seit Beginn dieses Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Züchter auf sich gezogen aufgrund einiger interessanter Eigenschaften, die dem Weizen fehlen und von deren Einkreuzung in den Weizen man sich züchterische Fortschritte verspricht: Mehrjährigkeit, Widerstandsfähigkeit gegenüber Pilzkrankheiten, Anspruchslosigkeit und Vielkörnigkeit (die Körner sind allerdings sehr klein).

Von den Agropyronarten, die mit Weizen Bastarde geben, kommen in der Hauptsache Formen der Untergattung Elytrigia zur Verwendung. Diese Gruppe hat eine zentrale Position in der Familie Gramineae, denn sie wurde auch mit Vertretern von Aegilops, Secale, Haynaldia, Hordeum und Elymus gekreuzt.

Auch A. elongatum 2n=14, das in dieser Arbeit verwendet wird, gehört in diese Gruppe und hat folgende interessierende Eigenschaften: Resistenz gegen Rostkrankheiten, Kälte-, Dürre- und Salzresistenz sowie hoher Klebergehalt im Korn.

Bis jetzt hat noch kein Vertreter dieser Gruppe größere Bedeutung erlangt, denn die direkten Nutzungsmöglichkeiten der Agropyron-Arten sind begrenzt. Einige Typen werden in Rußland, Kanada und in den USA als Futterpflanzen genutzt.

Aber aufgrund vieler, guter Eigenschaften wurde schon vor rund 50 Jahren versucht, Bastarde aus Weizen und Agropyron herzustellen, um die genetische Variation des Weizens zu vergrößern oder um neue Amphidiploide zu schaffen.

1.2. Triticum-Agropyron-Amphidiploide

Der Merkmalsbestand einer Art ist naturgemäß begrenzt. Jede Art besitzt für sie charakteristische Merkmale. Hat nun eine verwandte Art Merkmale, die eine andere Art nicht hat, für sie aber wünschenswert wäre, bietet sich eine Kreuzung dieser beiden Arten an mit dem Ziel der Zusammenfügung von Wertmerkmalen

verschiedener Arten und Gattungen.

Während die Synthese der neuen Gattung Triticale durch Vereinigung von Weizen- und Roggengenomen landwirtschaftlich nutzbare Sorten lieferte, haben analoge Versuche mit Weizen und Agropyron, also die Synthese der Gattung Agrotricum, noch nicht zu befriedigenden Resultaten geführt.

Durch Kombination verschiedener Arten der beiden Gattungen und anschließender Polyploidisierung ist aufgrund der polyploiden Reihe des Agropyron von 2x bis 10x eine noch größere Variabilität allopolyploider Formen als in der Gattung Triticale und Aegilotricum zu erwarten. Bisher ist aber nur eine relativ geringe Anzahl der theoretisch möglichen Kombinationen synthetisiert worden, und zwar mit den Genomstufen 6x, 8x, 10x und 12x.

Die Entwicklung konkurrenzfähiger Agrotricum-Typen auf dem Niveau von 10x und 12x war nicht sehr erfolgreich (GOTTSCHALK 1976), aber im Bereich von 6x und 8x wurden Stämme erhalten, die bei weiterer Bearbeitung Erfolge erwarten lassen.

Die Kombination typischer Weizenmerkmale mit bestimmten Agropyroneigenschaften hat schon viele Züchter interessiert. Am intensivsten ist in Rußland mit solchen Kreuzungen gearbeitet worden. Der erste Bericht über Weizen-Agropyron-Bastarde wurde in Rußland von TSITSIN in der Zeitung "Sozialistische Landwirtschaft" (1931) veröffentlicht unter dem Titel "Über die kreuzung des Weizens mit Queckengras". In dieser Zeitungsnotiz teilt der Verfasser mit, daß es ihm nach zweijährigem erfolglosen Bemühen schließlich gelungen ist, fertile Bastarde zwischen dem Sommerweizen Triticum vulgare lutescenz 062 und einer Queckengrasart (später als A. glaucum 2n=42 definiert) herzustellen. Seitdem wurden Weizen-Agropyron-Bastarde in großer Zahl von verschiedenen Autoren hergestellt. Cytologische Untersuchungen wurden zum erstenmal 1935 von WAKAR durchgeführt, der einen abnormen Meiosisverlauf beobachtete und schon Überlegungen über das Paaren von Weizen- mit Agropyronchromosomen anstellte.

TSITSIN (1965) selektierte allooktoploide T. agropyrotriticum als neue Weizenart mit 56 Chromosomen (synthetische Kulturpflanze, perennierend). Diese neue Pflanzenart ist geeignet für bestimmte Gebiete Südrußlands. Eins ihrer wesentlichsten Charakteristika besteht darin, daß die Pflanzen nach der Samenreife ihren Entwicklungszyklus nicht beenden, sondern konstant weiterwachsen, so daß sie nicht nur als Samen- sondern auch als Grünfutterproduzenten verwendet werden können ("Kornfutterweizen").

VERUSCHKIN (JOHNSON 1938) erhielt Linien vom einjährigen Weizentyp, die Krankheitsresistenz und einen ungewöhnlich hohen Proteingehalt im Korn aufwiesen (bis zu 21 %, etwa soviel wie die Körner vieler Gemüsesorten). Außerdem hatten die Körner eine gute Backqualität.

Während das Hauptziel der russischen Arbeiten die Herstellung neuer Formen von perennierendem Weizen war, bemühte man sich in Kanada besonders um die Züchtung von Futterpflanzen, die an trockene Gebiete angepaßt sind. Von diesen Futterpflanzen wird gefordert: Sie müssen ein gutes Wurzelwerk besitzen, welches sich gut in der Erde verankert. Sie müssen perennierend und resistent gegen Trockenheit und Kälte sein und müssen eine gute Ernte geben.

1.3. Einsatz der Triticum-Agropyron-Amphidiploide für die Triticalezüchtung

Ob Triticum-Agropyron-Amphidiploide praktischen Nutzen haben werden, ist skeptisch zu beurteilen, denn durch Agropyron werden auch viele nachteilige Eigenschaften in den Amphidiploid eingebracht. Für die Triticalezüchtung könnten sie aber brauchbar sein aufgrund wichtiger Eigenschaften, wie z.B. sehr gute Kornqualität und eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Pilzkrankheiten. Diese Eigenschaften zeigen u.a. die Triticum-Agropyron-Amphidiploide T. aest. var. Chinese spring x A. elongatum 2n=56 und T. turgidum x A. elongatum 2n=42. Daher scheint es sinnvoll, Triticum-Agropyron-Amphidiploide als Genüberträger nicht nur zur Verbesserung von Triticum, sondern

sondern auch von Triticale einzusetzen.

Obwohl es schon einige gute Triticale-Linien gibt, z.B. "Welsh" aus Kanada mit einer ebenso guten Ernte wie die besten Weizen oder "Coorong" aus Australien mit einer noch höheren Ernte als Weizen, gibt es doch einige Probleme, die die praktische Verwendung der Triticale weitgehend behindern und die noch nicht behoben sind oder deren Ursachen noch nicht erkannt wurden. Dazu gehören meiotische Instabilität, Aneuploidie, partielle Sterilität und unbefriedigende Kornqualität (GUPTA, PRIYADARSHAN 1982).

Während der letzten 20 Jahre wurden schon einige Verbesserungen erreicht. Es wurden z.B. Triticalesorten erhalten, deren Körner kaum Endospermschrumpfung aufwiesen. Trotz intensiver Bemühungen ist es immer noch nicht gelungen, ein vollständig gefülltes Triticalekorn zu erhalten, weder beim 6x- noch beim 8x-Triticale.

Die Untersuchungen dieser Arbeit sollen Grundlagen für eine Nutzung der Triticum x Agropyron-Amphidiploiden in der Triticalezüchtung schaffen. Mit Hilfe der Inkorporation von Agropyronchromosomen bzw. Genmaterial in den Triticale soll vor allem ein Problem gelöst, bzw. einer Lösung näher gebracht werden, nämlich das der unbefriedigenden Kornqualität der Triticale.

Von den agronomischen Eigenschaften her scheinen 8x-Triticum-Agropyron-Amphidiploide für solche Introgressionsexperimente am besten geeignet zu sein. Diese Amphidiploiden können auf verschiedenen Wegen mit Triticale gekreuzt werden. Nach ein bis zwei Rückkreuzungen mit 4x- bzw. 6x-Triticale sind, infolge teilweiser Homoeologie von A-, D- und E-Genom, Triticale mit inkorporierten Agropyronsegmenten oder Genen zu erwarten.

Die Möglichkeit eines Austausches von Chromosomenmaterial durch crossing-over oder Translokation wird in den hergestellten Kreuzungen durch die Bastardsituation der F_1 und F_2 be-

günstigt. Der Austausch von Chromosomenmaterial soll aber noch künstlich induziert bzw. verstärkt werden, und zwar durch gezielten Einsatz von 4x-Triticale und 6x autoalloploidem Roggen ohne Chromosom 5B. Mit Hilfe der Einlagerung von Agropyrongenen sollte es möglich sein, die Kornqualität und Resistenzeigenschaften der Triticale zu verbessern.

Anhand der zugänglichen Literatur wurde festgestellt, daß bis jetzt nur versucht wurde, Agropyronmaterial in den Weizen einzulagern (KNOTT 1964 und andere). DVORAK (1971) beobachtete in diesem Zusammenhang Paarungen zwischen fünf der sieben Chromosomen des D-Genoms und A. elongatum-Chromosomen. Ebenso gab es Paarungen zwischen den Chromosomen des A-Genoms des Weizens und denjenigen von A. elongatum (KNOTT 1964, MOCHIZUKI 1960). Paarungen zwischen Chromosomen des B-Genoms und A. elongatum-Chromosomen wurden dagegen nicht beobachtet. Es scheint keine Homoeologie zwischen diesen beiden Genomen vorzuliegen. Wenn es möglich ist, Agropyronmaterial in den Weizen einzubringen, so sollte auch eine Introgression von Agropyron in den Triticale gelingen.

Über Kreuzungen zwischen Triticum-Agropyron-Amphidiploiden und Triticale sowie über Rückkreuzungen der Kreuzungsprodukte mit Triticale ist bisher nichts veröffentlicht worden.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Material

Das Ausgangsmaterial für diese Arbeit war ein 56 chromosomiger Triticum-Agropyron-Amphidiploid T. aest. var. Chinese spring x A. elongatum AABBDDEE (Chinese/Agrop.) aus Kanada (von GUSTAFSON erhalten). Er besaß sehr gute Kornqualität, war mittel bis gut fertil, hatte aber lange, schwache Halme.

Zur Herstellung der F_1prim.-Pflanzen wurde im 1. Jahr (1980) mit 2x-, 4x-Roggen, 6x autoalloploidem Roggen 4x 3 und 4x 5 und 6x-Triticale gekreuzt. Im 2. Jahr (1981) wurden sämtliche F_1prim.-Pflanzen zur Herstellung von F_1sec.-Pflanzen, und im 3. Jahr (1982) die F_1sec.-Pflanzen zur Herstellung von F_1tert.-Pflanzen mit 4x-, 6x- und 8x-Triticale gekreuzt. Im 4. Jahr (1983) wurden als Ergänzung einige F_1tert.-Pflanzen zu F_1quart.-Pflanzen weitergekreuzt. Anschließend wurde dann geselbstet. Einen Überblick über dieses Material gibt Tab. 1.

Sämtliche Kreuzungspflanzen wurden sowohl mitotisch als auch meiotisch untersucht. Außerdem wurden Daten für die Morphologie und Fertilität gesammelt.

Weiterhin standen von GUSTAFSON eine 2x-Agropyron elongatum-Form zur Verfügung (Matsumura spring, Japan 1956) und zwei 4x-Agropyron-Formen von CAUDERON und LARTER.

Folgende männliche kreuzungspartner wurden zur Herstellung der F_1prim., F_1sec., F_1tert. und F_1quart. verwandt:

2x-Roggen Kulturroggen (C x P/3A)
perenne Roggen
4x-Roggen L 353
Teku
6x autoalloploider Roggen (4x 3 1/1 x R 7/1 colch.)
(4x 5 1/2 x R 7/1 colch.)
4x-Triticale ohne 5B (4x 5/1)

Tab. 1: Überblick über das Material der F_1 prim. -, F_1 sec. -, F_1 tert. - und F_1 quart. -Pflanzen

F_1 prim.	F_1 sec.	F_1 tert.	F_1 quart.
Chinese/Agrop. x 2x-Roggen ABDER 2n=35	x 4x Trc m 5B	x 4x Trc m 5B x 8x Trc	
	x 4x Trc o 5B	x 4x Trc m 5B x 8x Trc	
	x 6x aut 4x 3	x 6x Trc	
	x 6x aut 4x 5	x 6x Trc	
	x 6x Trc	x 6x Trc	
	x 8x Trc	/	
Chinese/Agrop. x 2x-Roggen colch. AABBDDEERR 2n=70	x 4x Trc m 5B	x 4x Trc m 5B	x 4x Trc m 5B
		x 4x Trc o 5B	x 4x Trc o 5B
		x 6x Trc	x 6x Trc
	x 4x Trc o 5B	x 4x Trc m 5B	x 4x Trc m 5B
		x 4x Trc o 5B	x 4x Trc m 5B x 4x Trc o 5B
		x 6x Trc	x 6x Trc
Chinese/Agrop. x 4x-Roggen ABDERR 2n=42	x 4x Trc m 5B	x 4x Trc m 5B x 8x Trc	
	x 4x Trc o 5B	x 4x Trc m 5B x 8x Trc	
	x 6x Trc	x 6x Trc	
Chinese/Agrop. x 6x aut 4x 3 ABDE(AB)RR 2n=49	x 4x Trc m 5B	x 6x Trc	
	x 4x Trc o 5B	x 6x Trc	
	x 6x Trc	x 6x Trc	
Chinese/Agrop. x 6x aut 4x 5 ABDE(AB)RR 2n=49	x 4x Trc m 5B	x 6x Trc	
	x 4x Trc o 5B	x 6x Trc	
	x 6x Trc	x 6x Trc	
Chinese/Agrop. x 6x-Triticale AABBDER 2n=49	x 4x Trc m 5B	x 6x Trc	
	x 4x Trc o 5B	x 6x Trc	
	x 6x aut 4x 3	x 6x Trc	
	x 6x aut 4x 5	/	
	x 6x Trc	x 6x Trc	

6x aut: 6x autoalloploider Roggen (AB)(AB)RRRR 2n=42

4x-Triticale mit 5B (4x Beagle x C x P/3)
(4x turg 36 x 4x 4/2)
6x-Triticale "Bokolo" selectio kurz
"Canada 77"
"CT 93/76 Polen"
"LT 696/75" (sub. 176/73)
8x-Triticale (TP/3 x R 7/1B)
(comp. 2x rye)
(T. aest. 4TFB 259/9 x R 7/1B Vettel)

Für die Kreuzungen zur Herstellung von Triticum-Agropyron-Amphidiploiden wurden folgende Weizen als Mutter verwandt:

2x-Weizen: T. monococcum vulgare
" atriaristata
" Hornemanni
4x-Weizen: T. durum, Winterdurum Oettler
6x-Weizen: suvon 92 lang und kurz
Zwerg C5
Chinese spring
T. aestivum 4TBF 259/83 kurz
CB 199 (Vettel)
TjB 368/255 (Ventir)
Aquila Weizen (K 54/1980)

2.2. Versuchsdurchführung und Abkürzungen

Das Material wurde im Gewächshaus und im Freiland aufgezogen. Sämtliche Kreuzungskörner wurden im Oktober/November in Petrischalen angekeimt, anschließend in kleine Töpfe pikiert und im März in große Töpfe in ein Erdbeet im Gewächshaus umgepflanzt. Die Selbstungspflanzen der jeweiligen Generationen kamen Anfang April ins Freiland. Von Ende April bis Mitte Mai wurden einzelne Ähren für die Meiosisuntersuchung fixiert, anschließend wurde bis Mitte/Ende Juni gekreuzt. Anfang August folgte die Ernte (Agropyron aufgrund späterer Reife erst Ende August), wobei Daten über Morphologie und Fertilität gesammelt wurden.

Da sich in der Kreuzungszeit 1981 Schwierigkeiten zwischen

Weizen-Agropyron-Kreuzungen aufgrund unterschiedlicher Blühtermine ergaben (Agropyron blühte erst Ende Juni, Weizen dagegen schon Anfang Juni), wurde Agropyron sofort nach der Ernte Ende August ausgelegt, der Weizen erst im Dezember und Januar.

Die Kreuzungen wurden nach folgender Symbolisierung unterteilt:

F_1 prim. = primäre F_1: die Ausgangsform Chinese/Agropyron wurde mit verschiedenen Kreuzungspartnern gekreuzt (2x-, 4x-Roggen, 6x autoalloploider Roggen 4x 3 und 4x 5 (AB)(AB)RRRR und 6x-Triticale)

F_1 sec. = secundäre F_1: F_1 prim. wurde mit verschiedenen Kreuzungspartnern (4x-, 6x-, 8x-Triticale) gekreuzt

F_1 tert. = tertiäre F_1: F_1 sec. wurde mit verschiedenen Kreuzungspartnern (4x-, 6x-, 8x-Triticale) gekreuzt

F_1 quart. = quartäre F_1: F_1 tert. wurde mit verschiedenen Kreuzungspartnern (4x-, 6x-Triticale) gekreuzt

Zur Vereinfachung der Schreibweise der Kreuzungen der verschiedenen Generationen wurden folgende Abkürzungen gewählt:

Ch/A : 8x-Chinese/Agropyron-Amphidiploid
2x R : 2x-Roggen
4x R : 4x-Roggen
Trc : Triticale
6x aut: 6x autoalloploider Roggen
Trc 4x 3 m 5B: 4x Trc mit Chromosom 5B
Trc 4x 5 o 5B: 4x Trc ohne Chromosom 5B

2.3. Methoden

2.3.1. Colchicinierungen

Im Herbst 1980 und 1982 wurden Samen der Kreuzung Chinese/Agrop. x 2x-Roggen (2n=35) colchiciniert, um 70 chromosomige Agropyrontriticale zu erhalten.

$$ABDER \xrightarrow{colch.} AABBDDEERR$$

1981 wurde ein Same aus der Kreuzung Chinese spring x A. elongatum (F_1: 2n=28) colchiciniert, um den 56 chromosomigen Chinese/Agropyron-Amphidiploid zu erhalten.

$$ABDE \xrightarrow{colch.} AABBDDEE$$

Die Colchicinierung erfolgte nach der Methode Schumann. Die für die Colchicinierung vorgesehenen Samen wurden Ende Oktober auf Filterpapier angekeimt und anschließend in kleine Töpfe pikiert, ohne daß der Same mit Erde bedeckt war. Als nach 5 bis 8 Tagen das erste Blatt etwa 5 bis 7 cm lang war, wurde das Endosperm mit Scutellum entfernt und durch einen größeren Tropfen Aerosil/Colchicinbrei (0,2 %) ersetzt. Die Colchicinaufnahme unter einer luftfeuchten Küvette dauerte 24 Stunden. Die colchicinierten Pflanzen standen unter einer Lichtanlage (12 Stunden Licht pro Tag). Das Gelingen der Colchicinierung wurde am Aufplatzen der Koleoptile sichtbar. Dieser Effekt trat etwa 3 bis 7 Tage nach der Behandlung mit Colchicin ein.

2.3.2. Kreuzungsmethode

Es wurden nur die beiden äußeren Blütchen pro Spindelstufe kastriert, alle anderen Blütchen wurden entfernt. Um das Herausnehmen der Antheren und die Bestäubung zu erleichtern, wurde das oberste Drittel eines jeden Blütchens weggeschnitten. Schlecht entwickelte Spitzen und Basalährchen wurden ebenfalls entfernt. Die kastrierten Ähren wurden gegen Fremdbestäubung durch eine Pergamintüte geschützt. Nach drei bis sieben Tagen hatte sich die Narbe entfaltet und wurde mit Hilfe eines Pinsels mit Fremdpollen versehen. Der Pollen wurde teils direkt von den Pflanzen (Gewächshauspflanzen) teils von abgeschnittenen Ähren (Freilandpflanzen) gewonnen. Jede Ähre wurde meist zweimal bestäubt, um Unterschiede in der Empfängnisreife der Narbe auszugleichen. Etwa zwei bis drei Wochen nach der Bestäubung erfolgte die Abnahme der Pergamintüten.

Es wurde der Kreuzungsansatz $\frac{\text{Anzahl Körner x 100}}{\text{Anzahl Blütchen}}$ und der lebensfähige Kreuzungsansatz $\frac{\text{Anzahl lebensfähiger körner x 100}}{\text{Anzahl Blütchen}}$

prozentual bestimmt.

2.3.3. Mitosisuntersuchung

Zur Bestimmung der somatischen Chromosomenzahl wurden die Wurzelspitzen gekeimter Samen untersucht. Die Samen wurden in Petrischalen auf feuchtem Filterpapier im Dunkeln angekeimt (3 Tage, 15°C). Vor dem Abschneiden der Wurzelspitzen (meist 3 pro Korn pro Pflanze, Länge 1-2 cm) wurden die Petrischalen unter Licht gestellt. Nach dem Abschneiden wurden die Wurzelspitzen für drei Stunden mit α-Monobromnaphthalin behandelt und danach in Alkohol-Eisessig 3:1 ein bis zwei Tage lang (Mindestzeit) fixiert. Nach dem Anfärben in Eisen-Karminessigsäure oder in konzentrierter Karminessigsäure (0,5 %, 48 Stunden) wurden die Wurzelspitzen in verdünnte Karminessigsäure umgelegt und anschließend zu Quetschpräparaten verarbeitet. In der Regel wurden drei Wurzelspitzen pro Pflanze untersucht und zwei bis vier gute Metaphaseplatten ausgewertet.

2.3.4. c-banding-Methode

Die c-banding-Methode bei A. elongatum wurde nach der Methode von SINGH und RÖBBELEN (1975) durchgeführt.

Die in Alkohol-Eisessig fixierten Wurzelspitzen wurden in 0,5 % Karminessigsäure gequetscht. Nachdem das Deckglas mit der CO_2-Eismethode abgesprengt worden war, wurden die Präparate für 1 Stunde in 96 %igem Alkohol dehydriert und anschließend für mindestens 24 Stunden luftgetrocknet. Dann wurden die Präparate für 10 Minuten bei 55°C in 5 %iger $Ba(OH)_2 \times 8H_2O$-Lösung denaturiert, 3 x 3 Minuten in aqua dest. gewaschen und luftgetrocknet. Zur Renaturierung wurden die Präparate in 2x SSC bei 65°C für eine Stunde inkubiert, dann 3 x 3 Minuten mit aqua dest. gewaschen und luftgetrocknet. Gefärbt wurden die Präparate für 45 Sekunden in Giemsa-Lösung (5 ml Giemsa-Stammlösung und 150 ml Sörensen-Phosphat-Puffer ph 6,9). Danach wurde eine Minute in aqua dest. gewaschen, anschließend luftgetrocknet und in Xylol differenziert.

2.3.5. Meiosisuntersuchung

Zur Meiosisuntersuchung wurden die Ähren in Carnoy fixiert (Äthanol, Chloroform, Eisessig 6:3:1 unter Zugabe einiger Tropfen gesättigter $FeCl_3$-Lösung). Sechs bis sieben Tage vor der Untersuchung wurden die Ähren in 0,5 %iger Karminessisäure angefärbt. Die Antheren wurden herauspräpariert und zu Quetschpräparaten verarbeitet. Es wurde meist eine, selten zwei Ähren pro Pflanze fixiert.

Die Meiosisuntersuchungen an den Kreuzungspflanzen erstreckten sich hauptsächlich auf:

1. Untersuchung der Chiasmafrequenzen und Paarungskonfigurationen in Metaphase I (Ø 20 bis 30 Metaphaseplatten pro Pflanze)
2. Auszählen der Mikronuklei in Telophase I (Dyadenstadium) (Ø 100 Dyaden pro Pflanze)
3. Auszählung der Mikronuklei in Telophase II (Tetradenstadium) (Ø 100 Tetraden pro Pflanze)

Außerdem wurden auffallende Anomalien registriert.

2.3.6. Morphologische Untersuchungen

Von den verschiedenen morphologischen Merkmalen wurden der Grad der Bestockung, die Halmlänge, die Ährenlänge, die Anzahl der Spindelstufen und die Anzahl der Blütchen pro Spindelstufe untersucht. Außerdem wurde die Kornbeschaffenheit und das 100 Korngewicht festgestellt. Die Halmlänge bis zur Basis der Ähre und die Ährenlänge vom ersten Ährchen bis zum Ansatz der Grannen wurden in cm gemessen.

2.3.7. Fertilitätsbestimmung

Die Fertilitätsbestimmung der Pflanzen erfolgte durch Auszählen der Körner pro Blütchen, pro Spindelstufe, pro Ähre des längsten Halmes und pro Pflanze.

Für sämtliche an Einzelpflanzen gesammelten Merkmale der Morphologie- und Fertilitätsuntersuchung wurde das arithmetische Mittel $\bar{x}$, die Streuung S und der Variationskoeffizient V in % (S in Prozent des Mittelwertes) berechnet.

3. ERGEBNISSE

3.1. Colchicinierungen

3.1.1. Die Herstellung eines Amphidiploiden des Typs "Chinese spring" x A. elongatum (Agrotricum Amphidiploid) und von Agropyrontriticale des Typs Chinese/Agrop. x 2x-Roggen

Es wurden 202 Blütchen von Chinese spring mit Pollen von A. elongatum 2n=14 bestäubt und ein lebensfähiges Korn erhalten (0,5 % Ansatz). Der Keimling wurde zum 56 chromosomigen Amphidiploid Chinese/Agrop. colchiciniert.

$$\underset{}{\text{AABBDD x EE}} \longrightarrow \underset{2n=28}{\text{ABDE}} \xrightarrow{\text{colch.}} \underset{2n=56}{\text{AABBDDEE}}$$

Chinese/Agrop. Amphidiploide wurden ferner mit diploidem Roggen gekreuzt, um 10x-Agropyrontriticale (2n=70) herzustellen. Der zur Kreuzung herangezogene Roggen war ein perennierender Roggen, der aus der Kreuzung Secale cereale x Secale montanum hervorgegangen war. Ziel dieser Kreuzung war es, einen perennierenden 10x-Agropyrontriticale zu erhalten. Bei Selbststerilität stehen dann funktionsfähige Eizellen über mehrere Jahre für Kreuzungszwecke zur Verfügung.

Es wurden 529 Blütchen von Chinese/Agropyron kastriert und mit Pollen des perennierenden Roggens bestäubt. Diese Kreuzung erbrachte 256 Körner, was einem Kreuzungsansatz von 50,09 % entspricht. Sämtliche Samen wurden auf Filterpapier angekeimt und anschließend in kleine Töpfe pikiert. Es keimten 203 Samen (79,3 %), von denen 185 lebensfähige Pflanzen ergaben (34,97 % lebensfähiger Kreuzungsansatz). Die 185 Pflanzen wurden nach der Methode Schumann colchiciniert.

$$\underset{}{\text{AABBDDEE x RR}} \longrightarrow \underset{2n=35}{\text{ABDER}} \xrightarrow{\text{colch.}} \underset{2n=70}{\text{AABBDDEERR}}$$

Die überlebenden 148 Pflanzen wurden bis zur Ernte großgezogen. Dann wurden die Halme bis auf 10 cm zurückgeschnitten. Von den 148 Pflanzen trieben 34 (22,9 %) wieder neu aus. Diese perennierenden Pflanzen haben ihre Perennierfähigkeit bisher über zwei Jahre beibehalten. Sie ermöglichen in jedem Jahr neue Kreuzungen mit 10x-Agropyrontriticale durchzuführen.

3.2. Cytologischer Teil

3.2.1. Chromosomenzahlanalyse

3.2.1.1. Stabilität der somatischen Chromosomenzahl des 8x-Chinese/Agropyron-Amphidiploid

Da der Amphidiploid Chinese/Agropyron als Mutterpflanze für sämtliche Ausgangskreuzungen diente, wurde seine Aneuploidenfrequenz festgestellt. Zur Analyse der Aneuploidenfrequenz wurden 50 Nachkommen einer cytologisch geprüften 56 chromosomigen Mutterpflanze untersucht. 48 Pflanzen hatten die euploide Chromosomenzahl (Abb. 1), und nur zwei waren mit 2n=54 und 2n=55 aneuploid (4,3 %). Eine Aneuploidenrate von 4,3 % ist für einen 8x Amphidiploid sehr gering. 8x-Triticale haben z.B. 60 bis 70 % Aneuploide.

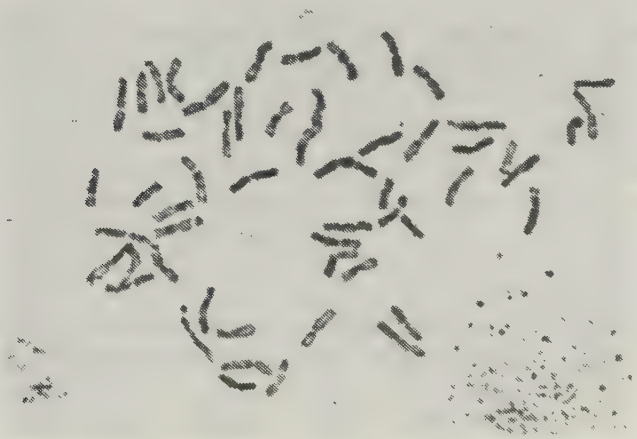

Abb. 1: Chinese/Agropyron 2n=56, euploide Zelle

3.2.1.1.1. Effektive Gameten vom 8x-Chinese/Agropyron-Amphidiploid

Da die Chromosomenzahl der effektiven weiblichen und männlichen Gameten nicht direkt festzustellen ist, wurde 8x-Chinese/Agropyron einmal als Mutter und einmal als Vater mit stabilen

Testpartnern gekreuzt, um auf indirektem Wege über die Chromosomenzahlen der Kreuzungsnachkommen deren Streuung zu bestimmen.

Als stabile Testpartner wurden 4x-Weizen (Winterdurum und T. carthlicum) und 6x-Weizen (Chinese spring, suvon 92 und Zwerg C5) gewählt, die stabile Gameten mit 14 bzw. 21 Chromosomen produzieren. Die Chromosomenzahl der effektiven Gameten ergibt sich aus der Differenz zwischen Gesamtzahl der Chromosomen und der Chromosomenzahl in den Gameten des stabilen Kreuzungspartners. Die Ergebnisse zeigen, daß mütterliche und väterliche Gameten von 8x-Chinese/Agropyron fast gleichartig zusammengesetzt sind: Väterliche Seite 89,3 % euploide Gameten, mütterliche Seite 90,9 % euploide Gameten (Tab. 2).

Tab. 2: Effektive Gameten von 8x-Chinese/Agropyron nach Kreuzung mit stabilen Testpartnern

Kreuzung	unter-sucht	Chromosomenzahl Anzahl in %				Ø Chr.-zahl
♀ 4x-Weizen x Chinese/Agrop. ♂	3		42(28) 3 100,0			42,0 (28)
♀ 6x-Weizen x Chinese/Agrop. ♂	59		48(27) 5 8,9	49(28) 50 89,3	50(29) 1 1,8	48,93 (27,93)
♀ Chinese/Agrop. x 4x-Weizen ♂	49	40(26) 1 2,1	41(27) 3 6,1	42(28) 42 85,7	43(29) 3 6,1	41,96 (27,96)
♀ Chinese/Agrop. x 6x-Weizen ♂	45		48(27) 4 9,1	49(28) 40 90,9		48,91 (27,29)

Für die Kreuzung Chinese/Agrop. x 4x-Weizen betrug die Abweichung von der euploiden Chromosomenzahl -2 bis +1, für die der Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Weizen -1 bis +1.

Bei Chinese/Agropyron waren insgesamt Eizellen mit n=26 bis 29 Chromosomen und Pollen mit n=27 bis 29 Chromosomen funktionsfähig.

3.2.1.2. Somatische Chromosomenzahl von A. elongatum und c-banding

Es wurden 35 Pflanzen auf ihre somatische Chromosomenzahl hin untersucht und festgestellt, daß sämtliche Pflanzen euploid mit 2n=14 waren.

Eine morphologische Untersuchung der Chromosomen von Agropyron elongatum und eine Analyse des Bandenmusters mit Hilfe der c-banding-Methode ist im Hinblick auf die Unterscheidung der Chromosomen verschiedener Genome (A, B, D, E, R) wichtig, besonders wenn Agropyronchromosomen im Genom von Kreuzungspflanzen nachgewiesen werden sollen.

Die morphologischen Untersuchungen ergaben, daß A. elongatum mediane und submediane Centromere besitzt. Es wurden ferner zwei Satellitenpaare festgestellt. Das eine Satellitenpaar war sehr klein und konnte nicht immer eindeutig erkannt werden (MATSUMURA und SAKAMOTO 1955, CAUDERON 1958, 1963, EVANS 1962, HENEEN und RUNEMARK 1972).

Eine morphologische Unterscheidung der Agropyronchromosomen von den Weizenchromosomen in den untersuchten Kreuzungspflanzen war nicht möglich. Diese Beobachtung wurde bereits von anderen Autoren festgestellt (MOCHIZUKI 1960).

Die Untersuchung der Agropyron elongatum-Chromosomen mit Hilfe der c-banding-Methode nach SINGH und RÖBBELEN war nicht erfolgreich, da die Chromosomen keine identifizierbaren Banden besaßen. Auf diesem Wege war ein Beweis für das Vorhandensein von Agropyronchromosomen im Genom der Kreuzungspflanzen nicht zu erbringen. LUKASZEWSKI (persönliche Mitteilung) versuchte das Problem an Hand von Übereinstimmungen oder Nichtübereinstimmung mit Weizenchromosomen zu lösen. Er untersuchte 28 chromosomige Pflanzen der F_1 tert. S_1 mit Hilfe der c-banding-

Methode und entdeckte Chromosomen, die nicht das für Weizenchromosomen typische Bandenmuster besaßen. Bei diesen Chromosomen könnte es sich seiner Meinung nach um Agropyronchromosomen handeln.

Unabhängig von diesen Untersuchungen an somatischen Chromosomen lassen aber meiotische Untersuchungen und morphologische Vergleiche der Pflanzen mit ziemlicher Sicherheit auf das Vorhandensein von Agropyronchromosomen im Genom schließen.

3.2.1.3. Chromosomenvariabilität der F_1 prim. -, F_1 sec. -, F_1 tert. - und F_1 quart. -Pflanzen

Sämtliche Kreuzungspflanzen jeder Generation wurden auf ihre Chromosomenzahlen untersucht. Es sollte festgestellt werden, ob die theoretische Erwartung mit den gefundenen Werten übereinstimmt.

Außerdem sollte überprüft werden, wann die gewünschte Ploidiestufe (4x oder 6x) erreicht ist, denn es war ja ein Hauptziel der Arbeit, Triticale mit inkorporierten Chromosomen des D- und E-Genoms sowohl für die 4x- als auch für die 6x-Stufe herzustellen.

3.2.1.3.1. Chromosomenvariabilität der F_1 prim. -Pflanzen

Von den verschiedenen Primärkreuzungen stellte die Kreuzung 8x-Chinese/Agrop. x 2x-Roggen (F_1: 2n=35) mit 195 zu untersuchenden Pflanzen die größte Gruppe dar. 90,8 % der Pflanzen waren euploid (2n=35), 9,2 % aneuploid. Die aneuploiden Chromosomenzahlen variierten von 2n=34 - 37.

Von der Kreuzung 8x-Chinese/Agrop. x 6x-Triticale (F_1: 2n=49) konnten 93 Pflanzen auf ihre Chromosomenzahl untersucht werden. 91,4 % waren euploid, während 8,6 % aneuploid waren mit 2n=47 und 2n=48 Chromosomen.

Die Kreuzungen 8x-Chinese/Agrop. x 4x-Roggen (F_1: 2n=42) und 8x-Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 5 (F_1: 2n=49) besaßen zu 100 % Euploide, während bei der Kreuzung 8x-Chi-

nese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 3 (F_1: 2n=49) nur sechs von neun Pflanzen euploid waren (66,7 %). Dieser Euploidenprozentsatz war der geringste aller fünf Kreuzungen. Für alle anderen Kreuzungen lag der Euploidenanteil, womit hier die erwartete Chromosomenzahl gemeint ist, über 90 %. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tab. 3 zusammengefaßt.

Tab. 3: Chromosomenvariabilität der F_1 prim. 8x-Chinese/Agrop. mit verschiedenen Vätern

Kreuzung und erwartete Chr. zahl	Anzahl unters. Pflanz.	Chromosomenzahl der F_1 prim. -Pflanzen Anzahl in %				Ø Chr.-zahl
Ch/A x 2x R		34	35	36	37	
2n=35	195	13	177	4	1	34,96
		6,7	90,8	2,0	0,5	
Ch/A x 4x R			42			
2n=42	10		10			42,0
			100,0			
Ch/A x 6x aut			49	50		
4x 3	9		6	3		49,33
2n=49			66,7	33,3		
Ch/A x 6x aut			49			
4x 5	11		11			49,0
2n=49			100,0			
Ch/A x 6x Trc		47	48	49		
2n=49	93	1	7	85		48,90
		1,1	7,5	91,4		

3.2.1.3.2. Chromosomenvariabilität der F_1 prim. S_1-Pflanzen

Die zu analysierenden Selbstungen der F_1 prim. -Pflanzen ergaben alle sehr kleine Nachkommenschaften, da nicht genügend Selbstungssamen aufgrund von hoher Selbststerilität erhalten wurden (Tab. 4).

Tab. 4: Chromosomenvariabilität der F_1 prim. S_1-Pflanzen

Pflanze und erwartete Chr. zahl	Anzahl unters. Pflanz.	Chromosomenzahl der F_1 prim. S_1-Pflanzen Anzahl in %							Ø Chr.-zahl
Ch/A x 2x R		50	51	52	53	54	56 → 62		
2n=35	15	2	-	2	3	2	5	1	54,20
		13,3	-	13,3	20,1	13,3	33,3	6,7	
Ch/A x 2x R				67	68	69	70		
colch. +	5			1	-	4	-		68,60
2n=70				20,0	-	80,0	-		
Ch/A x 4x R									
2n=42	1 ++				-				-
Ch/A x 6x				46	47	48	49	50	
aut 4x 3	10			2	-	1	6	1	48,40
2n=49				20,0	-	10,0	60,0	10,0	
Ch/A x 6x					47	48	49		
Trc	7				2	2	3		48,14
2n=49					28,6	28,6	42,8		

+ Diese colchicinierte F_1 wurde zusätzlich in die Tabelle aufgenommen

++ Pflanze überlebte nicht

Auffallend ist, daß der Anteil Aneuploider in der F_1 prim. S_1-Generation wesentlich größer ist als derjenige in der F_1-Generation. Wahrscheinlich verstärkt sich die Chromosomenzahlvariabilität nach Selbstung infolge von Rekombinationsprozessen.

Die Selbstungsnachkommenschaft der F_1 prim. Ch/A x 2x R müßte theoretisch um den Mittelwert 2n=35 variieren. Es traten aber Zahlen von 2n=50 bis 62 auf. Es konnte für das Auftreten dieser Chromosomenzahlen keine einwandfreie Erklärung gefunden

werden. Es ist aber zu vermuten, daß Pflanzen mit 2n=35 nicht in der Lage sind, reduzierte Gameten mit 17 oder 18 Chromosomen zu bilden, sondern nur unreduzierte Gameten (siehe kapitel 3.2.1.3.3.). Eine Fremdbefruchtung dieser unreduzierten Gameten mit reduzierten Gameten 42 chromosomiger Pflanzen wahrscheinlich von 6x-Triticale ist die plausibelste Erklärung. Allerdings gilt das nur für die Pflanzen mit 52 bis 56 Chromosomen. Die 62 chromosomige Pflanze dürfte aus der Verschmelzung zweier unreduzierter Gameten der Mutterpflanze hervorgegangen sein. Die 50 chromosomige Pflanze kann aus einer Fremdbefruchtung mit 4x-Triticale entstanden sein.

Die aneuploiden Mutterpflanzen mit 2n=34, 36 und 37 Chromosomen (siehe Tab. 3) waren steril und gaben keine Selbstungsnachkommen (Selbstreinigung).

In die Tabelle 4 wurde auch die Selbstungsnachkommenschaft der colchicinierten F_1 Ch/A x 2x R (2n=35) aufgenommen. Unter den fünf Selbstungspflanzen dieses 10x-Agropyrontriticale (theoretisch 2n=70) traten keine 70 chromosomigen Euploiden auf, sondern nur Hypoaneuploide, und zwar eine Pflanze mit 67 Chromosomen und vier Pflanzen mit 69 Chromosomen.

3.2.1.3.3. Chromosomenvariabilität der F_1sec.-Pflanzen

Die Analyse der Chromosomenzahlen der F_1sec. ergab, daß die Chromosomenzahlen der meisten Kreuzungen noch nicht die 4x- bzw. 6x-Ploidiestufe erreicht hatten. Am nächsten der 4x-Stufe kam von den vier durchgeführten Kreuzungen die Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B (F_1sec. Nr. 4, Tab. 5) mit einer durchschnittlichen Chromosomenzahl von 32,75. Damit besitzt diese Folgekreuzung aber immer noch 4,75 Chromosomen zu viel. Die Differenz zur 4x-Stufe variierte für alle vier Kreuzungen zwischen +4,75 und +18,27 Chromosomen. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengefaßt.

In der Gruppe der F_1sec.-Pflanzen für die 6x-Ploidiestufe variierten die Differenzen zur 6x-Stufe zwischen -6,67 und +15,0 Chromosomen. Sehr nahe der 6x-Stufe waren die Pflanzen der

Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 6x Trc (F_1sec. Nr. 5, Tab. 8) mit einer durchschnittlichen Chromosomenzahl von 41,64 und (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc (F_1sec. Nr. 11, Tab. 8) mit 42,44.

Die Variabilität der Chromosomenzahlen für beide Kreuzungsrichtungen (4x-Stufe bzw. 6x-Stufe) ist in den Tab. 11 und 14 zusammengefaßt. Die Kreuzungen für die 4x-Stufe brachten Pflanzen mit Chromosomenzahlen zwischen 30 bis 50, 28 chromosomige 4x-Pflanzen traten nicht auf. Die Kreuzungen für die 6x-Stufe brachten Pflanzen mit Chromosomenzahlen zwischen 31 und 60 und hatten 7,5 % Pflanzen mit der gewünschten hexaploiden Chromosomenzahl 42. Da der 10x-Agropyrontriticale (Ch/A x 2x R colch.) mit dem relativ stabilen 4x-Triticale (AB)(AB)RR (Aneuploidenfrequenz von 2,5 % nach KROLOW) bestäubt worden war, kann vermutet werden, daß nur die Eizellen des 10x-Agropyrontriticale für die Übertragung der Aneuploidie verantwortlich sind. Es traten Pflanzen mit folgenden Chromosomenzahlen auf:

♂ Gameten vom 4x-Triticale	14	14	14	14	14	14	14	14	14
♀ Gameten vom 10x-Agropy-	27	30	31	32	33	34	35	36	39
rontriticale Σ	41	44	45	46	47	48	49	50	53

Theoretisch müßten die 70 chromosomigen Pflanzen 35 chromosomige Eizellen bilden. Tatsächlich variierten die Chromosomenzahlen der Eizellen zwischen 27 und 39 (-7 bis +4 Chromosomen).

Sämtliche Pflanzen der Kreuzungen (Ch/A x 2x R nicht colch.) x 4x Trc m 5B/o 5B (F_1sec. Nr. 1 und 2, Tab. 5), (Ch/A x 2x R nicht colch.) x 6x aut 4x 3/4x 5 (F_1sec. Nr. 2, Tab. 8) und (Ch/A x 2x R nicht colch.) x 6x Trc (F_1sec. Nr. 1, Tab. 8) besaßen zu hohe Chromosomenzahlen. Man kann davon ausgehen, daß auch hier die Eizellen der F_1 Chinese/Agrop. x 2x-Roggen (2n= 35) für die zu hohen Chromosomenzahlen verantwortlich sind. Die Kreuzung (Ch/A x 2x R nicht colch.) x 4x Trc (mütterliche Gameten theoretisch n=17 oder 18) brachte Chromosomenzahlen, die von 2n=36 bis 2n=50 variierten, wobei das Schwergewicht bei 2n=49 lag. Erwartet wurden Chromosomenzahlen um 31 und 32. Da der 4x-Triticale hauptsächlich Gameten mit n=14 bildet, muß Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. demnach unreduzierte

Gameten um n=35 gebildet haben.

Die Kreuzung (Ch/A x 2x R nicht colch.) x 6x Trc ergab Chromosomenzahlen, die von 2n=52 bis 60 variierten mit dem Schwerpunkt um 2n=56. Da der 6x-Triticale Gameten mit n=21 produziert, hat Ch/A x 2x-Roggen nicht colch. auch in diesem Fall unreduzierte Gameten gebildet.

Anhand dieser Ergebnisse ist anzunehmen, daß die F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen (2n=35) hauptsächlich unreduzierte Gameten bildet und sich damit genauso verhält wie die colchicinierte 70 chromosomige amphidiploide Form.

In der Gruppe (Ch/A x 4x R) x 4x Trc (F_1sec. Nr. 3 und 4, Tab. 5) bzw. 6x Trc (F_1sec. Nr. 5, Tab. 8) entsprachen die gefundenen Werte den Erwartungen, obwohl geringe Abweichungen von der erwarteten Chromosomenzahl auftraten. Die theoretisch erwarteten Chromosomenzahlen von 2n=35 bzw. 42 wurden mit 33,82 (x 4x Trc m 5B) und 32,75 (x 4x Trc o 5B) bzw. 41,64 (x 6x Trc) fast erreicht.

Neben den erwarteten Chromosomenzahlen traten auch bei (Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc bzw. 6x Trc bzw. 6x aut 4x 3 (F_1sec. Nr. 12, 13, 14 und 15, Tab. 8) und bei (Ch/A x 6x aut 4x 3/4x 5) x 4x Trc bzw. 6x Trc (F_1sec. Nr. 6, 7, 8, 9, 10 und 11, Tab. 8) wie bei den vorherigen Gruppen Abweichungen in größerem Umfang auf. Die F_1sec. (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc ist mit einer durchschnittlichen Chromosomenzahl von 42,44 auf der 6x-Stufe angelangt.

3.2.1.3.4. Chromosomenvariabilität der F_1tert.-Pflanzen

Die Analyse der Chromosomenzahlen der F_1tert. ergab, daß einige Kreuzungskombinationen die 4x- bzw. 6x-Stufe erreicht hatten und die restlichen Gruppen sich im Vergleich zur F_1sec. wesentlich stärker der 4x- bzw. 6x-Stufe genähert hatten (Tab. 6 und 9).

Auf der 4x-Stufe angelangt sind die Pflanzen (Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B/o 5B) x 4x Trc m 5B (F_1tert. Nr. 6 und 8, Tab. 6) mit

den durchschnittlichen Chromosomenzahlen von 28,55, 30,25 und 29,86. Die Differenzen zur 4x-Stufe variierten insgesamt für die F_1tert. zwischen + 0,55 und + 8,22 Chromosomen.

In der Serie für die 6x-Ploidiestufe (Tab. 9) streuten die Differenzen zur 6x-Stufe zwischen - 3,40 und + 4,94 Chromosomen. Die 6x-Stufe erreicht hatten die F_1tert. Nr. 11 (Tab. 9) (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 6x Trc) x 6x Trc (Abb. 2) und die F_1tert. Nr. 6 (Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc (Tab. 9) mit der durchschnittlichen Chromosomenzahl 42,04 bzw. 41,70.

In der F_1tert. Nr. 11 (Tab. 9) (Ch/A x 6x aut 4x 5)x 6x Trc waren die 42 chromosomigen Pflanzen mit 34,7 % am häufigsten. Die Variationsbreite von 2n=40 bis 2n=45 war allerdings sehr groß. Im Gegensatz hierzu traten in F_1tert. Nr. 2, 3, 7, 9, 10, 12, 13 und 14 noch keine 42 chromosomigen Pflanzen auf.

Eine Wertung der Primärkreuzung ergab, daß die Kreuzung mit 4x-Roggen und dann zweimaliges Kreuzen mit 4x- bzw. 6x-Triticale am erfolgversprechensten ist. Diese Primärkreuzungen hatten in F_1tert. die 4x- bzw. 6x-Ploidiestufe zuerst erreicht.

Die Primärkreuzung mit 6x autoalloploidem Roggen rangiert an zweiter Stelle. Allerdings gilt das nur für die 6x-Serie, da für die 4x-Serie nicht mit autoalloploidem Roggen gekreuzt wurde. Die Kreuzungen vom Typ (Ch/A x 6x aut 4x 3/4x 5 x 4x Trc m 5B/o 5B) x 6x Trc (F_1tert. Nr. 7, 9 und 10, Tab. 9) waren weniger günstig, da keine 42 chromosomigen Pflanzen auftraten. Das Einschalten der Kreuzung mit 4x-Triticale verringerte die Chromosomenzahlen zu stark.

Auch für die Primärkreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Triticale war das Einschalten einer Kreuzung mit 4x-Triticale für die 6x-Serie nicht von Vorteil. Die F_1tert. Nr. 12 und 13 (Tab. 9) hatten jeweils nur zwei Pflanzen, von denen keine 2n=42 Chromosomen besaß. Auch die anderen Kombinationen aus Primärkreuzung mit 6x-Triticale (F_1tert. Nr. 14 und 15, Tab. 9) bestanden nur aus wenigen Pflanzen. Das haploide R-Genom nach der Primärkreuzung wirkte sich wahrscheinlich nachteilig aus.

Auch an der Serie für die 4x-Polyploidiestufe ist festzustellen, daß die Primärkreuzung mit 2x-Roggen der Primärkreuzung mit 4x-Roggen aus dem gleichen Grund unterlegen ist. Nach zweimaligem Kreuzen mit 4x-Triticale ist erst die pentaploide Polyploidiestufe erreicht. Die F_1tert. Nr. 1 und 2 (Tab. 6) (Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B/o 5B) x 4x Trc m 5B hatte z.B. die durchschnittliche Chromosomenzahl 36,22 bzw. 35,15. Ein zweimaliges Kreuzen mit 4x-Triticale reicht hiernach nicht aus, um 28 chromosomige Pflanzen zu erhalten. Ein dreimaliges Kreuzen mit 4x-Triticale ist in diesen Fällen notwendig.

Insgesamt traten in F_1tert. auf der 4x-Stufe Chromosomenzahlen von 27 bis 43 (Tab. 12), auf der 6x-Stufe Chromosomenzahlen von 35 bis 50 (Tab. 15) auf.

Im Vergleich zur Chromosomenvariabilität in F_1sec. ist die Variabilität in F_1tert. wesentlich geringer, und die Chromosomenzahlen konzentrieren sich stärker in Richtung auf die Chromosomenzahlen der 4x- und 6x-Stufe.

3.2.1.3.5. Chromosomenvariabilität der F_1quart.-Pflanzen

Die Chromosomenzahlanalyse der F_1quart. ergab, daß alle untersuchten Nachkommenschaften praktisch die gewünschte Ploidiestufe 4x (Tab. 7) bzw. 6x (Tab. 10) erreicht hatten. Die beiden Nachkommenschaften der 6x-Reihe (F_1quart. Nr. 1 (Abb. 3) und 2, Tab. 10) hatten die durchschnittlichen Chromosomenzahlen von 41,88 und 41,15. Die Variationsbreite der Chromosomenzahlen variierte von 39 bis 47 (Tab. 13).

Tab. 13: Chromosomenvariabilität der F_1quart. der Kreuzungen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Kreuzung Nr.	Chromosomenzahlen (absolut) 39	40	41	42	43	44	45	46	47
F_1quartär									
1 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B x 6x Trc) x 6x Trc	1	5	23	11	10	4	2	-	1
2 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 6x Trc) x 6x Trc	4	9	29	11	6	1			

Σ 22=18,80 %

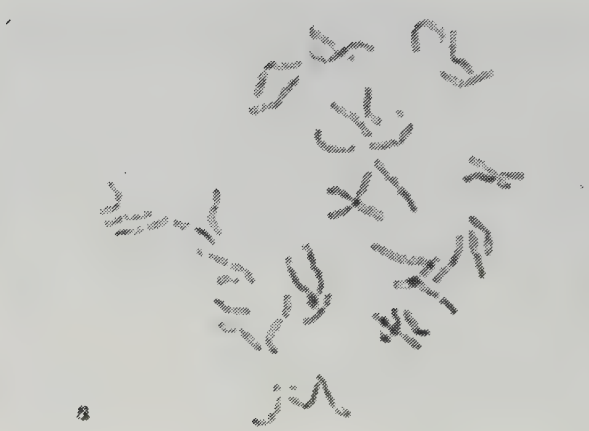

Abb. 2: F_1tert. (Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 5 x 6x-Triticale) x 6x-Triticale

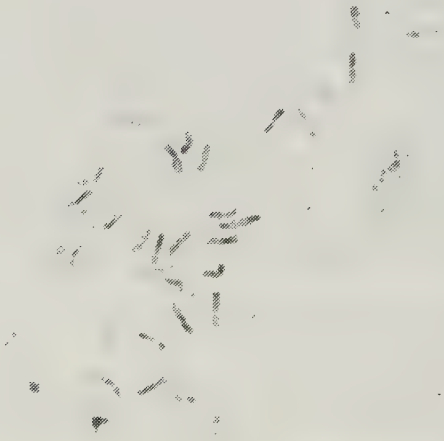

Abb. 3: F_1quart. (Chinese/Agrop. x 2x-Roggen colch. x 4x-Triticale m 5B x 6x-Triticale) x 6x-Triticale

Der durchschnittliche Prozentsatz 42 chromosomiger Pflanzen betrug 18,80 %. Die F_1quart. der 4x-Stufe wiesen durchschnittliche Chromosomenzahlen von 29,97, 30,47 und 30,92 auf. Die Variationsbreite der Chromosomenzahlen variierte von 28 bis 34 (Tab. 16). Der durchschnittliche Prozentsatz 28 chromosomiger Pflanzen betrug 14,29 %.

Tab. 16: Chromosomenvariabilität der F_1quart. der Kreuzungen in Richtung 4x-Ploidiestufe

Kreuzung Nr.	Chromosomenzahlen (absolut) 28	29	30	31	32	33	34
F_1quartär							
1 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	1	8	13	19	12	6	1
2 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	18	12	15	10	6	4	3
3 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	2	2	7	3	3	2	

Σ 21=14,29 %

Betrachtet man die Variationsbreite der Chromosomenzahlen der verschiedenen Generationen, so kann man feststellen, daß von F_1sec. bis F_1quart. die Variationsbreite geringer wird und eine Konzentration auf die Chromosomenzahlen 28 der 4x- und 42 der 6x-Stufe zu beobachten ist:

	Variationsbreite der Chromosomenzahlen auf der 4x-Stufe	und	6x-Stufe
F_1sec.	30-50		31-60
F_1tert.	27-43		35-50
F_1quart.	28-34		39-47

Die Analyse der Chromosomenzahlen der F_1prim., F_1sec., F_1tert. und F_1quart. zeigte, daß es möglich ist, durch Kreuzung des Weizen-Quecken-Bastardes (Chinese/Agrop.) mit unterschiedlichen Triticalelinien Neukombinationen auf der 4x- und 6x-Ploidiestufe zu erhalten, die Chromosomenmaterial des D- und E-Genoms enthalten dürften.

Tab. 5: Kreuzungen zur Verringerung der Chromosomenzahl in Richtung 4x-Ploidiestufe (F_1sec.)

Nr.	Kreuzung	Anzahl unters. Pflanz.	Ø Chr.-zahl	Diff. zur 4x-Stufe (2n=28)
	F_1secundär			
1	(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	3	41,67	+13,67
2	(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	11	46,27	+18,27
3	(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	28	33,82	+ 5,82
4	(Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	4	32,75	+ 4,75

Tab. 6: Kreuzungen zur Verringerung der Chromosomenzahl in Richtung 4x-Ploidiestufe (F_1tert.)

Nr.	Kreuzung	Anzahl unters. Pflanz.	Ø Chr.-zahl	Diff. zur 4x-Stufe (2n=28)
	F_1tertiär			
1	(Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	23	36,22	+8,22
2	(Ch/A x 2x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	33	35,15	+7,15
3	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	35	35,71	+7,71
4	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	28	35,50	+7,50
5	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	14	35,56	+7,36
6	(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	11	28,55	+0,55
7	(Ch/A x 4x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	8	30,25	+2,55
8	(Ch/A x 4x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	7	29,86	+1,86

Tab. 7: Kreuzungen zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 4x-Ploidiestufe (F_1quart.)

Nr.	Kreuzung	Anzahl unters. Pflanz.	Ø Chr.-zahl	Diff. zur 4x-Stufe (2n=28)
	F_1quartär			
1	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	60	30,92	+2,92
2	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	68	29,97	+1,97
3	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	19	30,47	+2,47

Tab. 8: Kreuzungen zur Verringerung der Chromosomenzahl in Richtung 6x-Ploidiestufe (F_1sec.)

Nr.	Kreuzung	Anzahl unters. Pflanz.	Ø Chr.-zahl	Diff. zur 6x-Stufe (2n=42)
	F_1secundär			
1	(Ch/A x 2x R) x 6x Trc	6	55,83	+13,83
2	(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3	7	57,0	+15,0
3	(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B	34	46,50	+ 4,50
4	(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B	11	46,27	+ 4,27
5	(Ch/A x 4x R) x 6x Trc	14	41,64	- 0,36
6	(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B	37	37,65	- 4,35
7	(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B	2	44,0	+ 2,0
8	(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	9	44,11	+ 2,11
9	(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B	24	35,33	- 6,67
10	(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B	14	35,57	- 6,43
11	(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	43	42,44	+ 0,44
12	(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B	28	39,50	- 2,50
13	(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B	7	38,71	- 3,29
14	(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc	28	47,23	+ 5,23
15	(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3	3	48,0	+ 6,0

Tab. 9: Kreuzungen zur Verringerung der Chromosomenzahl in Richtung 6x-Ploidiestufe (F_1 tert.)

Nr.	Kreuzung	Anzahl unters. Pflanz.	Ø Chr.-zahl	Diff. zur 6x-Stufe (2n=42)
	F_1 tertiär			
1	(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc	18	45,11	+3,11
2	(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	18	46,94	+4,94
3	(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	16	45,94	+3,94
4	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	17	43,82	+1,82
5	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	39	42,51	+0,51
6	(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc	10	41,70	-0,30
7	(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	5	38,60	-3,40
8	(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc	28	40,18	-1,82
9	(Ch/A x 6x aut 4x 5 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	21	38,67	-3,33
10	(Ch/A x 6x aut 4x 5 x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	27	39,0	-3,0
11	(Ch/A x 6x aut 4x 5 x 6x Trc) x 6x Trc	49	42,02	+0,04
12	(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	2	43,0	+1,0
13	(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	2	39,50	-2,50
14	(Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc	15	44,13	+2,13
15	(Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	6	43,0	+1,0

Tab. 10: Kreuzungen zur Verringerung der Chromosomenzahl in Richtung 6x-Ploidiestufe (F_1 quart.)

Nr.	Kreuzung	Anzahl unters. Pflanz.	Ø Chr.-zahl	Diff. zur 6x-Stufe (2n=42)
	F_1 quartär			
1	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B x 6x Trc) x 6x Trc	57	41,88	-0,12
2	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 6x Trc) x 6x Trc	60	41,15	-0,85

Tab. 11: Chromosomenvariabilität der F_1 sec. der Kreuzungen in Richtung 4x-Ploidiestufe

Kreuzung Nr.	Chromosomenzahlen (Anzahl absolut) 30	31	32	34	35	36	37	38	39	→	45	47	48	49	50
F_1 secundär															
1 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B						1			1						1
2 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B							1	1			1	1	2	4	1
3 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B		1	11	1	11	3	1								
4 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	1		1	1	1										

Tab. 12: Chromosomenvariabilität der F_1 tert. der Kreuzungen in Richtung 4x-Ploidiestufe

Kreuzung Nr.	Chromosomenzahlen (Anzahl absolut) 27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
F_1 tertiär																	
1 (Ch/A x2xR x4xTrcm5B) x4xTrcm5B						1		6	2	6	4	1			1	2	
2 (Ch/A x2xR x4xTrco5B) x4xTrcm5B					3		2	6	13	2	2	3		1		1	
3 (Ch/A x2xR colch.x 4x Trc m5B)x 4x Trc m5B					1	1	2	4	9	7	5	5					1
4 (Ch/A x2xR colch.x 4x Trc o5B) x 4x Trc m5B							4	8	2	7	2	2	2	1			
5 (Ch/A x2xR colch.x 4x Trc o5B) x 4x Trc o5B				1			1	4		2	4	2					
6 (Ch/A x4xR x4xTrcm5B) x4xTrcm5B	1	3	7														
7 (Ch/A x4xR x4xTrco5B) x4xTrco5B			2	3	2	1											
8 (Ch/A x4xR x4xTrco5B) x4xTrco5B		1	5	1													

Σ 4=2,15 %

Tab. 14: Chromosomenvariabilität der F_1sec. der Kreuzungen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Nr.	Kreuzung F_1 secundär	Chromosomenzahlen (Anzahl absolut)																						
		31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	52	53	56	57	60
1	(Ch/A x 2x ♀) x 6x Trc																				1		2	3	
2	(Ch/A x 2x ♀) x 6x aut 4x ♂																						3	3	1
3	(Ch/A x 2x ♀ colch.) x 4x Trc ♂ 5B										3			4	3	6	6	5	4	2		1			
4	(Ch/A x 2x ♂ colch.) x 4x Trc ♀ 5B														3	4	3		1						
5	(Ch/A x 4x ♀) x 6x Trc							1	2			9		1	1										
6	(Ch/A x 6x aut 4x ♂) x 4x Trc ♂ 5B		2	1	6	3	3	4	4	3	2	1	1	1	1										
7	(Ch/A x 6x aut 4x ♂) x 4x Trc ♀ 5B												1		1										
8	(Ch/A x 6x aut 4x ♂) x 6x Trc												5	1	1	1	1								
9	(Ch/A x 6x aut 4x ♀) x 4x Trc ♂ 5B	1	4	2	2	9	5	1																	
10	(Ch/A x 6x aut 4x ♀) x 4x Trc ♀ 5B		2	2	2	4	2	2																	
11	(Ch/A x 6x aut 4x ♀) x 6x Trc						1		1	8	9	5	4	4	8	2				1					
12	(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc ♂ 5B			1	1	1	1	2	12	2	1	5	1			1									
13	(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc ♀ 5B							2	5																
14	(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc												1	1	1	3	4	2	3		1		1		
15	(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x ♂													1				1			1				

Σ 20 = 7,66 %

Tab. 15: Chromosomenvariabilität der F_1 tert. der Kreuzungen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Nr. Kreuzung: F_1 tertiär	Chromosomenzahlen (Anzahl absolut)															
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1 (Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc								1	2	7		3	3	1	1	
2 (Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc									1	3	1	3	2		7	1
3 (Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc										2	4	6	2	1	1	
4 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc						1	1	1	5	3	3	1	2			
5 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc					1	3	5	11	11	4	2	1	1			
6 (Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc					1		4	2	2	1						
7 (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	1			1	1	1	1									
8 (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc				1	10	6	5	6								
9 (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc		1	2	6	7	4	1									
10 (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 4x Trc o 5B) x 6x Trc			1	7	13	3	3									
11 (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 6x Trc) x 6x Trc						3	15	17	6	7	1					
12 (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc									2							
13 (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc				1			1									
14 (Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc							2		4	2	4	1	2			
15 (Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc								1	4	1						

Σ 39 = 14,29 %

Bei einer Ausgangssituation von 7 D und 7 E Chromosomen (F_1prim-är) sind z.B. in F_1sec. theoretisch durchschnittlich 3,5 D + 3,5 E, in F_1tert. 1,75 D + 1,75 E und in F_1quart. 0,87 D + 0,87 E zu erwarten.

Es ist ferner zu erwarten, daß die starke Variabilität der somatischen Chromosomenzahlen mit Beginn der Selbstungen abnehmen wird. Besonders die stark abweichenden Chromosomenzahlen dürften aufgrund verminderter Vitalität und Fertilität durch natürliche Selektion eliminiert werden.

3.2.2. Meiosisuntersuchungen

Für die Beurteilung der Paarungsverhältnisse, die zwischen den unterschiedlichen Genomen der Agropyrontriticale bestehen, sind Meiosisuntersuchungen unerläßlich. Die Formation von Multivalenten läßt eine partielle Homologie zwischen den im Agropyrontriticale vereinigten Genomen von Weizen, Roggen und Agropyron vermuten. Multivalente können aber auch durch Chromosomenmutation, z.B. reziproke Translokation, entstehen. Ihre Chromosomen werden dann je nach Art der Einordnung in die Äquatorialebene bzw. je nach Anzahl der beteiligten Paarungspartner unregelmäßig verteilt. Eine negative Wechselwirkung zwischen den zwangsvereinigten Genomen der synthetisierten Agropyrontriticale oder Plasmon-Genom-Interaktionen können zur Asynapsis oder Desynapsis führen. Die Folge davon sind Univalente. Sie werden zufallsgemäß auf die sich bildenden Tochterkerne verteilt. Während der verzögerten Wanderung zu den Polen können einige Univalente als Mikrokerne ausgeschlossen werden.

Eine erfolgreiche Übertragung von Genen aus Agropyron auf Triticale durch eine homoeologe Rekombination hängt hauptsächlich von der Paarung zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen ab. Deshalb ist die Analyse der Paarungsfrequenz in Metaphase I der Kreuzungspflanzen unterschiedlicher Generationen besonders wichtig. Außerdem kann mit Hilfe der Eliminationsrate der Chromosomen in Form von Mikronuklei sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten meiotischen Teilung untersucht werden, ob die Agropyronchromosomen wieder eliminiert werden oder dem Genom er-

halten bleiben. Es wurden sowohl die F_1prim., F_1sec. und F_1tert. als auch die Ausgangsform Chinese/Agropyron und A. elongatum meiotisch untersucht.

3.2.2.1. Meiosis von Chinese/Agropyron

Die meiotische Untersuchung erfolgte an 15 Ähren von euploiden Pflanzen des Chinese/Agropyron Amphidiploid AABBDDEE 2n=56. Die Analyse der Metaphase I (Tab. 17) zeigte, daß 29,3 % der Zellen Univalente besaßen, deren Anzahl von 2 bis 6 variierte (Ø 0,71 I pro PMZ). Es traten nur geradzahlige Univalente auf, Multivalente waren nicht vorhanden. Die Bivalente lagen meist in Ringform vor, deren niedrigste Anzahl 17 betrug.

In der Anaphase I wurden Nachzügler (22,9 %), vorzeitig geteilte Univalente (1-6) und eine Fehlverteilung der Chromosomen auf die Pole beobachtet. Die zu erwartende Anordnung 28 : 28 trat zu 91,2 % auf, eine Aufteilung von 29 : 27 zu 8,8 %.

Tab. 17: Metaphase I von Chinese/Agropyron 2n=56

Anzahl PMZ untersucht	PMZ ohne I in %	PMZ mit I in %	Ø I pro PMZ	Chiasmen/ II	Chiasmen/ PMZ
491	70,7	29,3 (2, 4, 6)	0,71	1,82	51,11

84,1 % der Dayden und 81,8 % der Tetraden besaßen keine Mikronuklei (Tab. 18).

Tab. 18: Anzahl Mikronuklei in Dyaden und Tetraden von Chinese/Agropyron

Anzahl Mikronuklei	Dyaden (1538 unters.) Mikronuklei in %	Tetraden (2009 unters.) Mikronuklei in %
0	84,1	81,8
1	11,7	6,5
2	3,8	5,5
3	1,1	3,6
4	0,1	1,7
5	0,2	0,4
6	-	0,3
7	-	0,2
Ø Mikronuklei/ Dyadenhälfte	0,12	
Ø Mikronuklei/ Tetradenviertel		0,10

In den Zellen mit Mikronuklei trat am häufigsten sowohl bei den Dyaden als auch bei den Tetraden ein Mikronukleus auf (11,7 % bzw. 6,5 %). Es wurden bis zu fünf Mikrokerne pro Dyade bzw. sieben Mikrokerne pro Tetrade beobachtet.

3.2.2.2. Meiosis von A. elongatum 2n=14

Da über die Agropyron elongatum Form, die für die Herstellung des Chinese/Agropyron-Amphidiploids benutzt wurde, cytogenetisch nichts bekannt war, wurden 11 Pflanzen dieses Typs im Hinblick auf die Metaphase I, Anaphase I, Dyaden- und Tetradenstadium untersucht.

99,7 % der Zellen der Metaphase I besaßen keine Univalente, nur 0,3 % besaßen Univalente, und zwar zwei. Die hohe Chiasmafrequenz von 1,91 pro Bivalent und 13,40 pro PMZ zeigte an, daß die Bivalente hauptsächlich in Ringform vorlagen (Tab. 19).

Tab. 19: Metaphase I von A. elongatum 2n=14

Anzahl PMZ untersucht	PMZ ohne I in %	PMZ mit I in %	Ø I pro PMZ	Chiasmen/ II	Chiasmen/ PMZ
1540	99,7	0,3 (2)	0,006	1,91	13,40

Tab. 20: Anzahl Mikronuklei in Dyaden und Tetraden von A. elongatum

Anzahl Mikronuklei	Dyaden (2340 unters.) Mikronuklei in %	Tetraden (5800 unters.) Mikronuklei in %
0	99,7	98,1
1	0,3	0,6
2	-	0,7
3	-	0,5
4	-	0,1
Ø Mikronuklei/ Dyadenhälfte	0,0015	
Ø Mikronuklei/ Tetradenviertel		0,01

Die Polaufteilung der Chromosomen in der Anaphase I betrug bei allen Untersuchungen 7 : 7. Es wurden sowohl in der Anaphase I als auch in Anaphase II nur selten Nachzügler beobachtet, die

wahrscheinlich für die geringe Anzahl Mikrokerne im Dyadenstadium (Ø 0,0015 Mikrokerne/Dyadenhälfte) und im Tetradenstadium (Ø 0,01 Mikrokerne/Tetradenviertel) verantwortlich waren (Tab. 20).

3.2.2.3. Meiosis der Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Weizen und Chinese/Agrop. x 4x-Weizen und reziprok

Die bereits beschriebenen Kreuzungen, die zur Prüfung der Funktionstüchtigkeit der männlichen und weiblichen Gameten von Chinese/Agrop. durchgeführt wurden, konnten auch zur Klärung der Paarung zwischen Agropyron- und Weizenchromosomen herangezogen werden.

Genomformeln:

Chinese/Agrop. x 6x-Weizen	AABBDDE	(AABBDDEE x AABBDD)
6x-Weizen x Chinese/Agrop.	2n=49	
Chinese/Agrop. x 4x-Weizen	AABBDE	(AABBDDEE x AABB)
4x-Weizen x Chinese/Agrop.	2n=42	

Normalerweise sollten die Agropyronchromosomen in diesen Bastarden univalent vorliegen. Tatsächlich wurden aber auch Multivalente beobachtet, die für die Paarung zwischen Chromosomen des E-Genoms und denen der Weizengenome sprechen. Die erwarteten Paarungen von 21 II + 7 I bei Chinese/Agrop. x 6x-Weizen Kreuzungen und reziprok traten zu 88,46 % bzw. 97,22 % auf, die erwarteten Paarungen 14 II + 14 I bei Chinese/Agrop. x 4x-Weizen Kreuzungen und reziprok traten zu 72,73 % bzw. 90,91 % auf (Tab. 21).

Die Kreuzungen Chinese/Agrop. x 4x-Weizen und reziprok wiesen einen viel größeren Prozentsatz an Multivalenten auf als die Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Weizen und reziprok. Der Grund lag wahrscheinlich darin, daß bei ersteren Kreuzungen sowohl das D- als auch das E-Genom univalent vorlagen und sich dann die als homoeolog geltenden D- und E-Chromosomen miteinander paaren konnten. Bei der Kreuzung Chinese/Agrop. x 6x-Weizen wurden dagegen nur 0,96 % Quadrivalente beobachtet, Trivalente traten nicht auf.

Bei den Kreuzungen Chinese/Agrop. x 4x-Weizen und reziprok gab es ferner nicht nur Multivalentbildungen, sondern auch zusätzliche Bivalente, die von Chromosomen des D- und E-Genoms gebildet wurden, z.B. 4,55 % 15 II + 12 I und 1,14 % 16 II + 10 I. Diese zusätzlichen Paarungen erklären die geringe durchschnittliche Anzahl von Univalenten pro PMZ von 13,83, die normalerweise 14,0 betragen müßte.

Tab. 21: Metaphase I der Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x- und 4x-Weizen bzw. reziprok

Kreuzung	Paarung in Metaphase I			
	Multivalente	Bivalente	Univalente	in %
Ch/A x 6x W	1 IV	19	7	0,96 +
104 PMZ	-	19	11	0,96
Ø I/PMZ: 7,23	-	20	9	9,62
	-	21	7	88,46 (erw. Paarung)
6x W x Ch/A	-	20	9	2,78
288 PMZ	-	21	7	97,22 (erw. Paarung)
Ø I/PMZ: 7,06				
Ch/A x 4x W	1 IV	12	14	1,44 +
88 PMZ	2 III	13	10	1,44 +
Ø I/PMZ: 13,83	1 III	13	13	12,50 +
	-	13	16	6,82
	-	14	14	72,73 (erw. Paarung)
	-	15	12	4,55 +
	-	16	10	1,44 +
4x W x Ch/A	1 III	13	13	3,03 +
99 PMZ	-	13	16	4,04
Ø I/PMZ: 14,01	-	14	14	90,91 (erw. Paarung)
	-	15	12	2,02 +

W=Weizen

+ Paarungen zwischen Chromosomen des E-Genoms und denen des Weizens

3.2.2.4. Meiosis der F_1prim.-Pflanzen

Folgende F_1prim. wurden meiotisch untersucht:

Ch/A x 2x R nicht colch.	ABDER	2n=35
Ch/A x 2x R colch.	AABBDDEERR	2n=70
Ch/A x 4x R	ABDERR	2n=42
Ch/A x 6x aut 4x 3/4x 5	AB(AB)DERR	2n=49
Ch/A x 6x Trc	AABBDER	2n=49

Der Schwerpunkt der Meiosisuntersuchung wurde auf die Analyse der Metaphase I und das Dyaden- und Tetradenstadium gelegt.

3.2.2.4.1. Metaphase I

Die Analyse der Metaphase I ergab, daß sämtliche F_1prim.-Kombinationen sowohl nicht erwartete Bi- als auch nicht erwartete Multivalente aufwiesen (Tab. 22).

Die F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen, die aus fünf verschiedenen haploiden Genomen besteht, müßte theoretisch 35 I aufweisen. Es wurden aber bivalente Paarungen beobachtet, die auf spezielle Homoeologiebeziehungen zwischen jeweils zwei Genomen hindeuten. Es wird angenommen, daß es sich um Homoeologiebeziehungen zwischen den Chromosomen des A- und B-Genoms bzw. des D- und E-Genoms handelt. Paarungstendenzen zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen wurden von mehreren Autoren festgestellt (u.a. von MOCHIZUKI 1960 und DVORAK 1971). Einige Agropyronchromosomen sind in der Lage, mit Chromosomen des A- und B- und D-Genoms Paarungen einzugehen. Die im hier untersuchten Material beobachteten Multivalente bestätigen diese Befunde. Es wurden Tri-, Quadri- und Pentavalente gebildet. 23,5 % der Zellen besaßen Multivalente. Die Anzahl der Bivalente pro Zelle variierte von 1 bis 11, wobei 6 II (23,4 %) am häufigsten auftraten. Die Chiasmafrequenz pro II betrug 1,34, diejenige pro PMZ 10,20 (Abb. 4 bis 6).

Die meiotische Analyse der Ähren von Ch/A x 2x R colch. ergab, daß sowohl solche mit 2n=35 als auch solche mit 2n=70 Chromosomen auftraten. In den Ähren mit 2n=70 waren ferner Zellen mit 2n=35

vorhanden. Ein Teil der Ähren war also mixoploid.

Aufgrund der hohen Chromosomenzahl war es schwierig, genügend brauchbare Zellen auszuwerten. Für die Untersuchung der Metaphase I standen 60 Zellen zur Verfügung. Es traten wie erwartet hauptsächlich Bivalente auf, Multivalente (Trivalente) wurden nur zu 10,0 % beobachtet. Es konnte nicht festgestellt werden, aus welchen Genomen die Chromosomen der Trivalente stammten. Es ist möglich, daß Agropyronchromosomen daran beteiligt waren. In 96,7 % aller Zellen waren Univalente vorhanden, nur 3,3 % besaßen die erwarteten 35 II. Die durchschnittliche Anzahl I pro PMZ betrug 8,87. Die Chiasmafrequenz pro Bivalent betrug 1,63, pro PMZ 49,82.

Bei Chinese/Agrop. x 4x-Roggen lag erwartungsgemäß nur das Roggengenom bivalent vor. Die Anzahl von 27,4 % Multivalentbildungen, die zusätzlich noch eine große Variabilität aufwiesen, zeigen eine starke Paarungstendenz zwischen den Chromosomen der haploid vorliegenden Genome. Es traten ein bis vier Trivalente auf und Quadrivalente (Abb. 7). Der Normalfall von 7 II (R-Genom) und 28 I trat z.B. gar nicht auf. Die geringste Anzahl von Bivalenten betrug 8, die höchste 16.

Den größten Prozentsatz an Multivalenten besaßen die Pflanzen der F_1 Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 3 und 4x 5, und zwar mit 40,0 und 51,0 %. Das Fehlen des Chromosoms 5B im 6x autoalloploiden Roggen 4x 5 machte sich in Form von vermehrter Paarungsfrequenz in der betreffenden F_1 bemerkbar. 17 Bivalente waren am häufigsten vertreten. Außerdem traten 11,6 % mehr Multivalente auf als in der F_1 mit dem 6x autoalloploiden Roggen 4x 3 , der das Chromosom 5B besaß.

Die F_1 Chinese/Agrop. x 6x-Triticale besaß in 14,6 % der Zellen nicht erwartete Multivalente, und zwar ein bis drei Trivalente und ein Quadrivalent. Anhand der Genomformel ist zu erwarten, daß sich die Chromosomen des A- und B-Genoms innerhalb ihrer Genome paaren, die anderen Genome aber univalent vorliegen. Es müßten dann 14 II + 21 I auftreten. Diese Kombination trat auch mit 46,6 % am häufigsten auf. Das Auftreten von Trivalenten zeigt

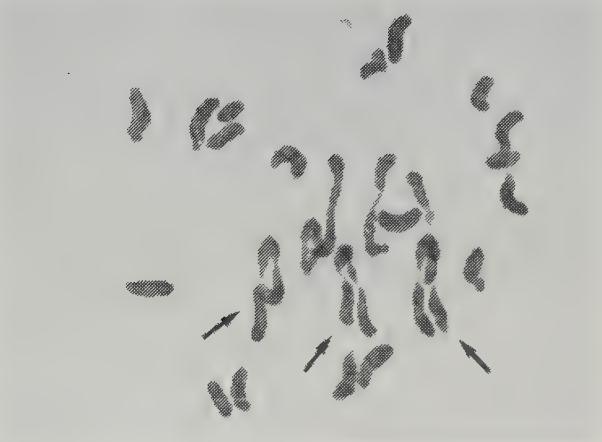

Abb. 4: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER)
2n=35, Metaphase I: 3 III + 5 II + 16 I
→

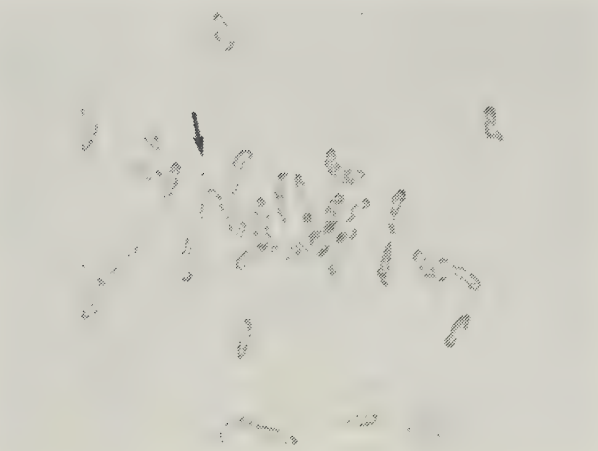

Abb. 5: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER)
2n=35, Metaphase I: 1 IV + 7 II + 17 I
→

Abb. 6: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER)
2n=35 (2 Chromosomen fehlen)
Metaphase I: 1 V + 5 II + 18 I
→

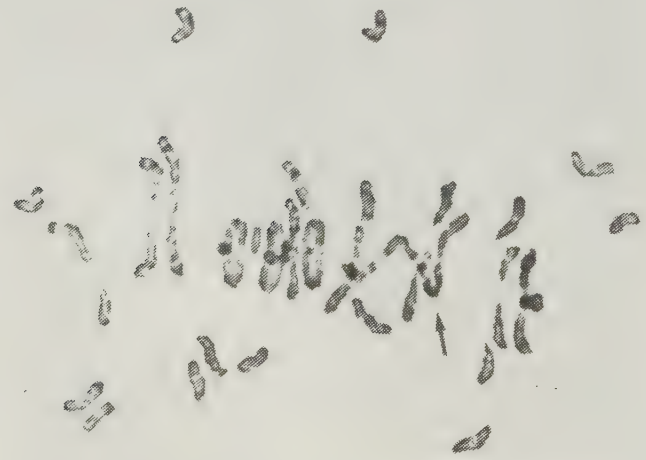

Abb. 7: F_1prim. Chinese/Agrop. x 4x-Roggen (ABDERR)
2n=42, Metaphase I: 1 IV + 13 II + 12 I
→

aber, daß auch zusätzliche Paarungen unter Einschluß von Chromosomen des D-, E- und R-Genoms vorkommen können. Es ist auch wahrscheinlich, daß sich die Chromosomen des D- und E-Genoms aufgrund enger Homoeologiebeziehungen miteinander paaren und zusätzliche Bivalente bilden. Die höchste Anzahl an Bivalenten von 16 (0,9 %) weist darauf hin.

Die Analyse der Metaphase I der F_1prim. (Tab. 22) zeigt, daß die teilweise sehr häufigen Multivalentbildungen nur unter Annahme von Paarungen zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen zu erklären sind. Durch solche Paarungen kann Materialaustausch stattfinden und damit eine Einlagerung von Agropyronmaterial in den Triticale erfolgen. Wie groß jeweils der Anteil an Agropyronchromosomenmaterial ist, läßt sich am Bastard selber nicht bestimmen, da die Chromosomen sich morphologisch nicht unterscheiden lassen. Einige der zahlreichen Multivalente können allerdings auch durch Translokation entstanden sein.

3.2.2.4.2. Dyaden- und Tetradenstadium

Die Analyse des Dyaden- und Tetradenstadiums (Tab. 23) ergab, daß Ch/A x 2x R colch. und Ch/A x 6x Trc sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten Reifeteilung im Vergleich zu den anderen F_1prim. am wenigsten Chromosomenmaterial eliminierten, und zwar nach der 1. Reifeteilung Ø 1/3 Chromosom und nach der 2. Reifeteilung Ø 1/2 Chromosom.

Chinese/Agrop. x 4x-Roggen besaß mit 0,43 Mikronuklei/Dyadenhälfte die größte Eliminationsrate im Dyadenstadium. Die größte Eliminationsrate im Tetradenstadium von Ø 0,95 Mikronuklei/Tetradenviertel hatte Ch/A x 6x aut 4x 3. Während im Dyadenstadium die größte Anzahl Mikronuklei 7 Mikronuklei pro Dyade betrug, waren im Tetradenstadium bis zu 16 Mikronuklei pro Tetrade vorhanden. Diese hohen Eliminationsraten traten aber nur sehr selten auf. Am häufigsten wurden sowohl im Dyaden- als auch im Tetradenstadium ein Mikronukleus beobachtet. Damit ist ziemlich sicher, daß eingelagertes Chromosomenmaterial von A. elongatum nicht eliminiert wird, sondern im Genom enthalten bleibt.

Tab. 22: Metaphase I der Primärkreuzungen F_1prim.

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1prim.			
Ch/A x 2x R 2n=35 ABDER erwartet: 35 I	37/1334	76,5 (II: 1-11) Ø II/PMZ: 5,65	23,5 Ø Mul./PMZ: 0,26
Ch/A x 2x R colch. 2n=70 AABBDDEERR erwartet: 35 II	5/60	90,0 (II: 25-35) Ø II/PMZ: 30,42	10,0 Ø Mul/PMZ: 0,10
Ch/A x 4x R 2n=42 ABDERR erwartet: 7II+28I	9/449	72,6 (II: 8-15) Ø II/PMZ: 10,95	27,4 Ø Mul./PMZ: 0,37
Ch/A x 6x aut 4x 3 2n=49 AB(AB)DERR erwartet: 14II+21I	6/115	60,0 (II: 11-17) Ø II/PMZ: 13,10	40,0 Ø Mul./PMZ: 0,45
Ch/A x 6x aut 4x 5 2n=49 AB(AB)DERR erwartet: 14II+21I	7/98	49,0 (II: 14-20) Ø II/PMZ: 15,37	51,0 Ø Mul./PMZ: 0,74
Ch/A x 6x Trc 2n=49 AABBDER erwartet: 14II+21I	21/656	85,4 (II: 10-16) Ø II/PMZ: 13,06	14,6 Ø Mul/PMZ: 0,14

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III	V	VI+III
Ch/A x 2x R 2n=35 ABDER	22,3 (1-4)	0,8	0,3	0,1	-
Ch/A x 2x R colch. 2n=70 AABBDDEERR	10,0 (1)	-	-	-	-
Ch/A x 4x R 2n=42 ABDERR	26,1 (1-4)	0,9	0,2	-	0,2
Ch/A x 6x aut 4x 3 2n=49 AB(AB)DERR	39,1 (1-2)	0,9	-	-	-
Ch/A x 6x aut 4x 5 2n=49 AB(AB)DERR	46,0 (1-4)	2,0	3,0	-	-
Ch/A x 6x Trc 2n=49 AABBDER	13,9 (1-3)	0,7	-	-	-

Sämtliche F_1prim. wiesen anomale Dyaden und Tetraden zu 1,1 % bis 8,0 % bzw. 6,0 % bis 18,7 % auf, die mehr als zwei bzw. vier Sektoren aufwiesen und oft in diesen Extrasektoren Mikronuklei enthielten. Zu den anomalen Tetraden gehörten zusätzlich lineare und semilineare Tetraden (Abb. 8 bis 12).

Tab. 23: Anzahl Mikronuklei (M) im Dyaden- und Tetradenstadium der F_1prim.

F_1prim.	Anzahl Dyaden Tetraden	Dyaden		Tetraden	
		PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Dyaden-hälfte	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Tetraden-viertel
Ch/A x 2x R	D: 3759 T: 3945	46,9 (1-5)	0,34	77,2 (1-12)	0,52
Ch/A x 2x R colch.	D: 581 T: 401	37,7 (1-4)	0,27	73,6 (1-10)	0,44
Ch/A x 4x R	D: 1915 T: 1235	51,2 (1-7)	0,43	87,6 (1-16)	0,85
Ch/A x 6x aut 4x 3	D: 754 T: 423	45,6 (1-5)	0,33	93,9 (1-13)	0,95
Ch/A x 6x aut 4x 5	D: 866 T: 582	43,7 (1-5)	0,35	85,9 (1-11)	0,62
Ch/A x 6x Trc	D: 2217 T: 2741	42,5 (1-5)	0,30	72,8 (1-14)	0,50

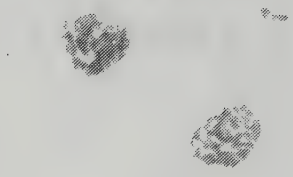

Abb. 8: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER)
anomale Dyade (3 Sektoren)

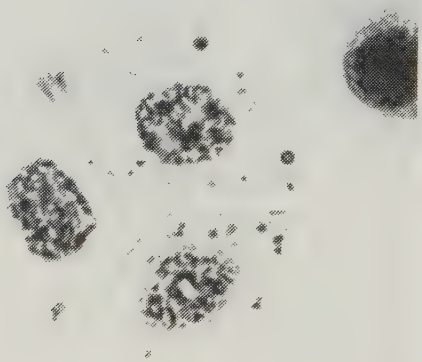

Abb. 9: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER)
anomale Dyade (3 Sektoren)

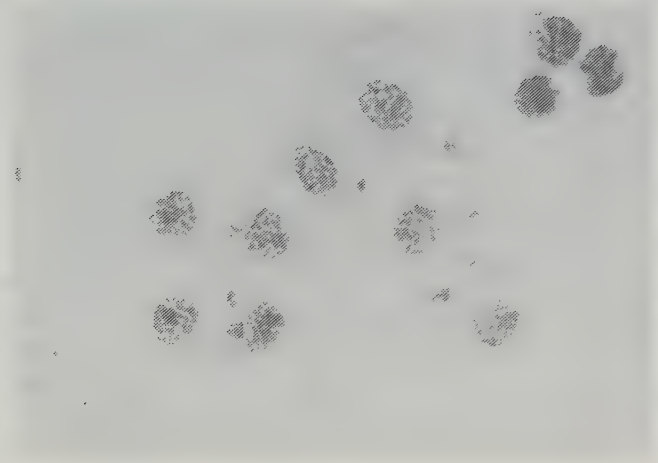

Abb. 10: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER) anomale Tetrade (5 Sektoren, semilinear)

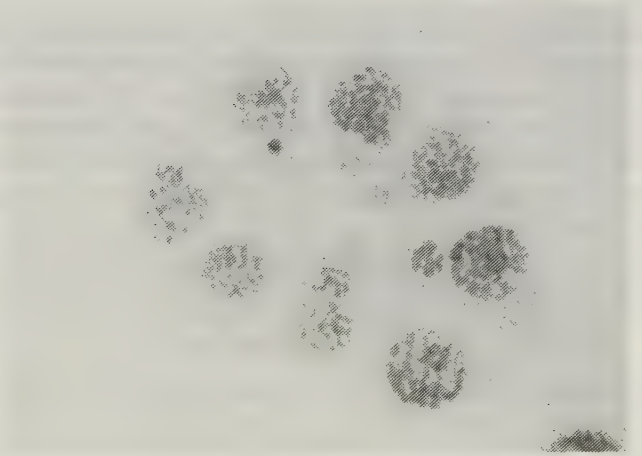

Abb. 11: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER) anomale Tetrade (8 Sektoren)

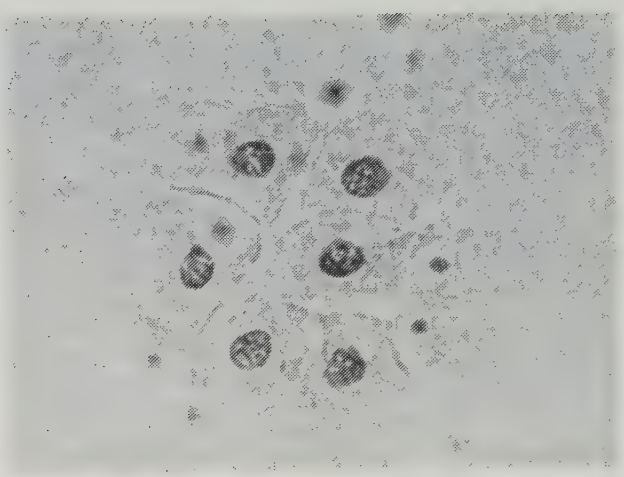

Abb. 12: F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. (ABDER) anomale Tetrade (8 Sektoren)

3.2.2.5. Meiosis der F_1sec.- und F_1tert.-Pflanzen für die 4x-Ploidiestufe

Die F_1prim. wurde im nächsten Jahr mit 4x- und 6x-Triticale gekreuzt, um sowohl für die 4x- als auch die 6x-Ploidiestufe Introgression von Agropyron-Chromosomenmaterial zu erhalten. Das bedingte eine Unterteilung der Arbeiten in zwei Kreuzungsrichtungen. Auch diese neuen Kreuzungsgruppen wurden cytologisch geprüft. In diesem Abschnitt sind die Ergebnisse der tetraploiden Richtung enthalten.

Es wurden vier Kreuzungsgruppen der F_1sec. und sechs Kreuzungsgruppen der F_1tert. meiotisch untersucht (Tab. 24 und 25).

F_1sec.:	Ø Chr.zahl
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	45,0
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	45,0
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	34,33
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	32,75

F_1 tert.:	Ø Chr.zahl
(Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	35,29
(Ch/A x 2x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	36,71
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	37,57
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	36,44
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	37,0
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	28,67

Für die Analyse der F_1sec. mit Chinese/Agrop. x 2x-Roggen (2n=35) als Mutter ist zu beachten, daß die Mutterpflanzen hauptsächlich unreduzierte Gameten bildeten, und daß deshalb eine hohe durchschnittliche Chromosomenzahl von 45,0 auftrat anstelle von etwa 2n=31. Theoretisch ist allerdings unter dieser Voraussetzung eine durchschnittliche Chromosomenzahl von 2n=49 zu erwarten.

$$ABDER \times (AB)(AB)RR \longrightarrow AB(AB)DERR \quad 2n=49$$

Die Sekundärkreuzungen (Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B/o 5B (Nr. 1 und 2, Tab. 24) wiesen einen großen Anteil an Multivalenten auf, 50,0 bzw. 55,2 %. Die durchschnittliche Anzahl II/PMZ betrug 12,25 bzw. 15,01. Als Höchstwerte wurden 18 bzw. 21 Bivalente pro PMZ ausgezählt. Dies bedeutet, wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, daß Agropyronchromosomen mit Weizenchromosomen paarten. Für die Einlagerung von Agropyronchromosomenmaterial in die 4x-Polyploidiestufe ist diese Kreuzungsrichtung weniger geeignet, da ja viele Folgekreuzungen mit 4x-Triticale notwendig sind, um die 4x-Stufe zu erreichen.

Weit bessere Ergebnisse brachten die Kreuzungen (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B/o 5B (Nr. 3 und 4, Tab. 24), deren durchschnittliche somatische Chromosomenzahl bei 32,75 bzw. 34,33 lag. Theoretisch wurde die Durchschnittszahl 2n=35 erwartet.

$$ABDERR \times (AB)(AB)RR \longrightarrow A_{3-4}B_{3-4}D_{3-4}E_{3-4}(AB)RR \quad 2n=35$$

Auch bei (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B/o 5B dürften Agropyronchromosomen an der Paarung beteiligt gewesen sein, denn es traten bis zu 14 bzw. 15 II/PMZ auf. Etwa 10 Bivalente waren zu erwarten. Es wurden ferner heteromorphe Bivalente beobachtet.

Von den F_1tert. waren diejenigen mit Ch/A x 2x R nicht colch. und Ch/A x 2x R colch., die in ihrer Effektivität als Primärkreuzung gleichzusetzen sind, noch nicht auf der tetraploiden Stufe angelangt, sondern befanden sich erst auf der pentaploiden Stufe. Insofern sei nur kurz darauf hingewiesen, daß die durchschnittliche Anzahl Bivalente pro PMZ und der Prozentsatz an Zellen mit Multivalenten sehr hoch war, so daß wieder angenommen werden konnte, daß auch Agropyronchromosomen an der Paarung beteiligt waren (Tab. 24 und 25).

Die Pflanzen der Primärkreuzung mit Ch/A x 4x R waren dagegen nach der zweiten Kreuzung mit 4x-Triticale schon auf der tetraploiden Stufe angelangt. Ihre durchschnittliche Chromosomenzahl betrug 28,67. Es traten nur noch 28 oder 29 chromosomige Pflanzen auf. Die durchschnittliche Anzahl Bivalente pro PMZ war mit 13,45 sehr groß und die Variationsbreite mit 12 bis 14 Bivalenten sehr gering. 14 II (Abb. 13) bedeutet, daß sämtliche Chromosomen gepaart sein müssen. Die Multivalentbildung (Abb. 14) von 19,2 % läßt auf Rekombinationsprozesse schließen, an denen Agropyronchromosomenmaterial beteiligt sein dürfte.

3.2.2.6. Meiosis der F_1sec.- und F_1tert.-Pflanzen für die 6x-Ploidiestufe

Es wurden 16 Kreuzungen der F_1sec. und 12 Kreuzungen der F_1tert. meiotisch untersucht (Tab. 26/1 bis 26/3 und 27/1 bis 27/2). Während in F_1sec. (Tab. 26/1 bis 26/3) erst drei Kreuzungen die 6x-Ploidiestufe erreicht hatten, waren in F_1tert. alle Kreuzungen auf der 6x-Ploidiestufe angelangt, bzw. sehr dicht davor.

Die hohe Durchschnittschromosomenzahl von F_1sec. Nr. 1 (Tab. 26/1) (Ch/A x 2x R) x 6x Trc (56,75) und von F_1sec. Nr. 2a und 2b (Tab. 26/1) (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3/4x 5 (56,33/56,0) kommt dadurch zustande, daß die Mutterpflanzen Ch/A x 2x R nicht colch. hauptsächlich unreduzierte Gameten bildeten:

(Ch/A x 2x R) x 6x Trc: ABDER x AABBRR ⟶ AABBDERR
F_1sec. Nr. 1 Gameten: ABDER ABR 2n=56
unred. red.

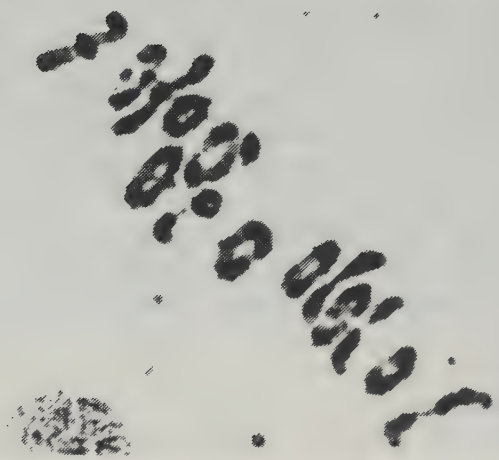

Abb. 13: F_1tert. (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen x 4x-Triticale m 5B) x 4x-Triticale m 5B 2n=28
Metaphase I: 14 II

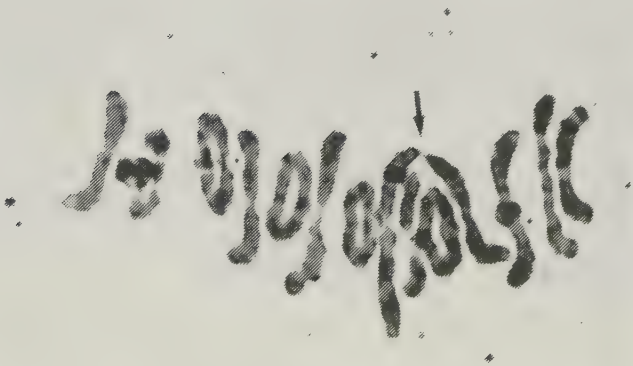

Abb. 14: F_1tert. (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen x 4x-Triticale m 5B) x 4x-Triticale m 5B 2n=28
Metaphase I: 1 IV + 12 II
→

(Ch/A x 2x R) x 6x aut: ABDER x (AB)(AB)RRRR ⟶ ABDE(AB)RRR
F_1sec. Nr. 2a und 2b Gameten: ABDER (AB)RR 2n=56
unred. red.

Für die Pflanzen der F_1sec. Nr. 3 und 4 (Tab. 26/1) (Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B/o 5B Genomformel ABDE(AB)RR sind Bivalentpaarungen zwischen den homologen Chromosomen des R-, A- und B-Genoms zu erwarten, und zwar theoretisch 14 II, bei Chromosomenelimination auf der mütterlichen Seite auch weniger Bivalente. Die gefundenen Bivalentbildungen von durchschnittlich 11,72 bzw. 14,21 deckten sich ziemlich mit dieser Erwartung. Zusätzlich traten noch Multivalente auf, im Durchschnitt von 0,49 bzw. 1,01 pro PMZ. Es ist wahrscheinlich, daß Chromosomen des D- und E-Genoms daran beteiligt sind, da außer Trivalenten auch Quadrivalente und ein Hexavalent registriert wurden.

Sämtliche sieben Pflanzen der F_1sec. Nr. 5 (Tab. 26/2) (Ch/A x 4x R) x 6x Trc $A_{3,5}B_{3,5}D_{3,5}E_{3,5}$ABRR wiesen 2n=42 Chromosomen auf. In Metaphase I waren theoretisch 14 II zu erwarten. Gefunden wurde eine durchschnittliche Anzahl von 15,17 II/PMZ und 0,46 Mul./PMZ. Maximal wurden sogar bis zu 20 II gefunden. Es kann hieraus geschlossen werden, daß auch Chromosomen des D- und E-Genoms Paarungen eingingen. Bei den Multivalenten sind Paarungen zwischen A-, B-, D- und E-Chromosomen anzunehmen. Es traten Tri-, Quadri- und Hexavalente auf.

Die Pflanzen der Kreuzungen F_1sec. Nr. 6 bis 15 (Tab. 26/2 und 26/3) mit Ch/A x 6x aut 4x 3/4x 5 und Ch/A x 6x Trc als Mutter wiesen meist auch eine gegenüber der Erwartung erhöhte Bivalent- und Multivalentanzahl (Abb. 15) pro PMZ auf.

In F_1tert. (Tab. 27/1 und 27/2) erhöhte sich sowohl die durchschnittliche Anzahl der Bivalente als auch die Durchschnittszahl der Multivalente. Hieraus konnte auf Stabilisierung bei gleichzeitiger noch relativ starker Rekombination geschlossen werden. Viele F_1tert. hatten bereits Chromosomenzahlen, die der 6x-Ploidiestufe entsprachen und wiesen gleichzeitig einen sehr großen Prozentsatz an Bivalentpaarung auf, der nicht mehr weit von der maximal möglichen Anzahl von 21 II entfernt war.

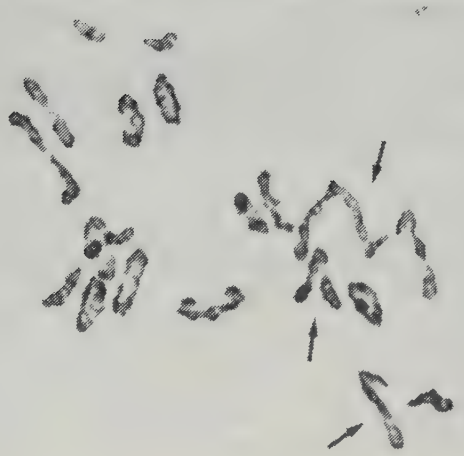

Abb. 15: F_1sec. (Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 5) x 4x Trc m 5B 2n=37,
Metaphase I: 1 V → + 2 III → + 13 II

Die Kreuzung (Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc (F_1tert. Nr. 6, Tab. 27/1) 2n=42 wies z.B. eine durchschnittliche Anzahl Bivalente pro PMZ von 19,93 auf, die Kreuzung (Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc (F_1tert. Nr. 14, Tab. 27/2) eine Bivalentanzahl von Ø 19,20. Die Anzahl der Bivalente variierte im ersten Fall zwischen 18 und 21 im zweiten Fall zwischen 17 und 20.

Ähnliche Ergebnisse lieferten auch die Pflanzen der Kreuzung (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc (F_1tert. Nr. 8, Tab. 27/2), deren durchschnittliche Bivalentanzahl 18,45 II pro PMZ betrug. In F_1sec. wurden demgegenüber maximal 17,62 Bivalente pro PMZ festgestellt [F_1sec. Nr. 11 (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc, Tab. 26/3].

Zusätzlich zu dem hohen Bivalentanteil traten auch Multivalente in unterschiedlicher Prozentzahl auf, die ein weiterer Beweis für den Einbau der Agropyronchromosomen oder Chromosomenmaterial in den Triticale sind.

Tab. 24: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 4x-Ploidiestufe (F_1sec.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1sec. Nr.			
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 45,0 1	3/68	50,0 (II: 9-18) Ø II/PMZ: 12,25	50,0 Ø Mul./PMZ: 0,60
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 45,0 2	4/67	44,8 (II: 11-21) Ø II/PMZ: 15,01	55,2 Ø Mul./PMZ: 0,78
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 34,33 3	3/107	84,1 (II: 6-14) Ø II/PMZ: 9,80	15,9 Ø Mul./PMZ: 0,17
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 32,75 4	4/141	46,1 (II: 12-15) Ø II/PMZ: 12,82	53,9 Ø Mul./PMZ: 0,76

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	48,5 (1-2)	-	1,5
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	47,7 (1-2)	3,0	4,5
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	14,9 (1-2)	1,0	-
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	47,6 (1-4)	2,1	4,2

Tab. 25: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 4x-Ploidiestufe (F_1tert.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1tert. Nr. (Ch/A x 2x R x 4x Trc m5B)x4x Trc m5B Ø Chr.zahl 35,29 1	7/130	53,2 (II: 12-15) Ø II/PMZ: 12,97	46,8 Ø Mul./PMZ: 0,61
(Ch/A x 2x R x 4x Trc o5B)x4x Trc m5B Ø Chr.zahl 36,71 2	7/211	44,5 (II:12-16) Ø II/PMZ: 13,32	55,5 Ø Mul./PMZ: 0,80
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 37,57 3	7/75	25,3 (II: 11-15) Ø II/PMZ: 11,31	74,7 Ø Mul./PMZ: 1,03
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 36,44 4	9/176	46,0 (II: 13-17) Ø II/PMZ: 13,48	54,0 Ø Mul./PMZ: 0,72
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 37,0 5	6/236	53,4 (II: 13-16) Ø II/PMZ: 13,62	46,6 Ø Mul./PMZ: 0,61
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m5B)x4x Trc m5B Ø Chr.zahl 28,67 6	9/224	80,8 (II: 12-14) Ø II/PMZ: 13,45	19,2 Ø Mul./PMZ: 0,21

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III
(Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	41,5 (1-3)	2,3	1,5
(Ch/A x 2x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	48,8 (1-4)	4,7	1,9
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	62,7 (1-3)	8,0	4,0
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	51,7 (1-3)	1,1	1,2
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	43,6 (1-4)	2,6	0,4
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	15,2 (1-2)	3,1	0,9

Tab. 26/1: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 6x-Ploidiestufe (F_1sec.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1sec. Nr.			
(Ch/A x 2x R) x 6x Trc Ø Chr.zahl 56,75 1	4/74	27,0 (II: 11-21) Ø II/PMZ: 17,07	73,0 Ø Mul./PMZ: 1,41
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3 Ø Chr.zahl 56,33 2a	3/40	10,0 (II: 10-18) Ø II/PMZ: 13,95	90,0 Ø Mul./PMZ: 2,65
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 5 Ø Chr.zahl 56,0 2b	1/16	0,0 (II: 11-19) Ø II/PMZ: 15,06	100,0 Ø Mul./PMZ: 2,94
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 46,81 3	16/296	59,1 (II: 7-17) Ø II/PMZ: 11,72	40,9 Ø Mul./PMZ: 0,49
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 46,57 4	7/121	35,5 (II: 9-18) Ø II/PMZ: 14,21	64,5 Ø Mul./PMZ: 1,01

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III	VI+III
(Ch/A x 2x R) x 6x Trc	71,6 (1-6)	-	1,4	-
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3	77,5 (1-6)	-	12,5	-
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 5	81,1 (1-5)	-	18,9	-
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B	36,5 (1-3)	4,4	-	-
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B	48,8 (1-3)	7,5 (1-3)	7,4	0,8

Tab. 26/2: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 6x-Ploidiestufe (F_1sec.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1sec. Nr.			
(Ch/A x 4x R) x 6x Trc Ø Chr.zahl 42,0 5	7/274	64,6 (II: 12-20) Ø II/PMZ: 15,17	35,4 Ø Mul./PMZ: 0,46
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 35,0 6	3/225	43,6 (II: 11-15) Ø II/PMZ: 11,64	56,4 Ø Mul./PMZ: 0,87
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 41,5 7	2/16	50,0 (II: 13-18) Ø II/PMZ: 15,38	50,0 Ø Mul./PMZ: 0,69
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc Ø Chr.zahl 43,0 8	3/233	72,5 (II: 14-19) Ø II/PMZ: 16,44	27,5 Ø Mul./PMZ: 0,30
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 36,86 9	7/139	43,9 (II: 13-16) Ø II/PMZ: 13,42	56,1 Ø Mul./PMZ: 0,73

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III	VI+III
(Ch/A x 4x R) x 6x Trc	32,4 (1-3)	2,6	-	0,4
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B	54,2 (1-5)	0,9	1,3	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B	50,0 (1-2)	-	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	25,3 (1-3)	1,8	0,4	-
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B	41,1 (1-3)	9,3 (1-2)	4,3	0,7

Tab. 26/3: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 6x-Ploidiestufe (F_1sec.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1sec. Nr.			
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 36,71 10	7/183	53,0 (II: 14-16) Ø II/PMZ: 13,86	47,0 Ø Mul./PMZ: 0,60
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc Ø Chr.zahl 45,0 11	8/186	59,7 (II:16-20) Ø II/PMZ: 17,62	40,3 Ø Mul./PMZ: 0,48
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B Ø Chr.zahl 39,11 12	9/279	54,1 (II: 6-14) Ø II/PMZ: 9,69	45,9 Ø Mul./PMZ: 0,55
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B Ø Chr.zahl 38,75 13	4/156	69,9 (II: 8-16) Ø II/PMZ: 11,58	30,1 Ø Mul./PMZ: 0,33
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc Ø Chr.zahl 46,0 14	3/133	74,4 (II: 13-18) Ø II/PMZ: 15,74	25,6 Ø Mul./PMZ: 0,29
(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3 Ø Chr.zahl 46,67 15	3/90	23,3 (II: 10-17) Ø II/PMZ: 12,99	76,7 Ø Mul./PMZ: 1,43

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III	V	V+III
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B	38,9 (1-3)	3,4	2,7	0,5	1,5
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	30,7 (1-2)	8,6	1,0	-	-
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B	41,6 (1-2)	2,9	1,4	-	-
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B	23,7 (1-2)	5,8	0,6	-	-
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc	17,3 (1-2)	6,8	1,5		
(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3	74,4 (1-5)	-	2,3		

Tab. 27/1: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 6x-Ploidiestufe (F_1 tert.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1 tert. Nr.			
(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc Ø Chr.zahl 44,86 1	7/96	67,7 (II: 15-20) Ø II/PMZ: 17,74	32,3 Ø Mul./PMZ: 0,50
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc Ø Chr.zahl 44,67 2	6/80	30,0 (II: 16-19) Ø II/PMZ: 16,60	70,0 Ø Mul./PMZ: 1,06
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc Ø Chr.zahl 46,67 3	6/99	28,2 (II: 16-20) Ø II/PMZ: 16,91	71,8 Ø Mul./PMZ: 1,07
(Ch/A x 2x R colch.x 4x Trc m5B) x 6x Trc Ø Chr.zahl 44,75 4	8/136	58,2 (II: 16-20) Ø II/PMZ: 17,35	41,8 Ø Mul./PMZ 0,42
(Ch/A x 2x R colch.x 4x Trc o5B) x 6x Trc Ø Chr.zahl 43,60 5	5/124	50,0 (II: 15-20) Ø II/PMZ: 17,15	50,0 Ø Mul./PMZ: 0,64
(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc Ø Chr.zahl 42,0 6	5/130	94,6 (II: 18-21) Ø II/PMZ: 19,93	5,4 Ø Mul./PMZ: 0,05

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III
(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc	32,3 (1-4)	-	-
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	63,8 (1-3)	2,5	3,7
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	60,6 (1-3)	5,1	6,1
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	34,4 (1-2)	5,6	1,8
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	43,6 (1-2)	3,2	3,2
(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc	5,4 (1)	-	-

Tab. 27/2: Metaphase I der Kreuzungspflanzen für die 6x-Ploidiestufe (F_1 tert.)

Kreuzung	Anzahl Pflanz./ PMZ	Anzahl der Zellen % mit II+I keine Mul.	Anzahl der Zellen % II+I und Mul.
F_1 tert. Nr. (Ch/A x 6x aut 4x 3 x4xTrc m5B) x 6xTrc Ø Chr.zahl 41,0 7	3/40	57,5 (II: 15-20) Ø II/PMZ: 16,78	42,5 Ø Mul./PMZ: 0,45
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc Ø Chr.zahl 41,25 8	8/220	80,5 (II: 17-20) Ø II/PMZ: 18,45	19,5 Ø Mul./PMZ: 0,21
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc Ø Chr.zahl 43,0 12	1/13	46,2 (II: 16-18) Ø II/PMZ: 15,85	53,8 Ø Mul./PMZ: 0,62
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc Ø Chr.zahl 39,50 13	2/66	37,9 (II: 14-19) Ø II/PMZ: 15,41	62,1 Ø Mul./PMZ: 0,75
(Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc Ø Chr.zahl 43,38 14	8/179	86,6 (II: 16-21) Ø II/PMZ: 19,20	13,4 Ø Mul./PMZ: 0,14
(Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc Ø Chr.zahl 43,25 15	4/51	31,4 (II: 15-18) Ø II/PMZ: 15,43	68,6 Ø Mul./PMZ: 1,26

Kreuzung	Anzahl der Multivalentkonfigurationen der Zellen mit Multivalenten in % III	IV	IV+III	V
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	42,5 (1-2)	-	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc	15,9 (1-2)	2,6	0,5	0,5
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	46,2 (1-2)	7,6	-	-
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	60,6 (1-2)	1,5	-	-
(Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc	10,7 (1-2)	2,7	-	-
(Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	64,7 (1-3)	-	3,9	-

Gegenüber der F_1sec. mit durchschnittlich 0,95 Multivalenten pro PMZ für alle 16 Kreuzungen wurden für die 12 Kreuzungen der F_1tert. eine erhöhte durchschnittliche Multivalentenfrequenz von 1,20 Multivalenten pro PMZ festgestellt. Diese Multivalente, die von Ausnahmen abgesehen, aus Weizenchromosomen bestehen, zeigen, daß immer noch Agropyron- und D-Chromosomenmaterial in die Chromosomen der sich stabilisierenden Triticalegenome eingebaut werden.

3.2.2.6.1. Dyaden- und Tetradenstadium der F_1sec. und F_1tert. der 4x- und 6x-Ploidiestufe

Die Analyse des Dyadenstadiums der F_1sec. und F_1tert. ergab, daß die F_1tert. im Durchschnitt weniger Chromosomenmaterial eliminierte als die F_1sec. Den höchsten Anteil Mikronuklei pro Dyadenhälfte der F_1sec. wies (Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B (Nr. 12, Tab. 30) mit 0,57 auf, den niedrigsten (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B (Nr. 7, Tab. 30) mit 0,05. Die höchste Anzahl Mikrokerne pro Dyade betrug 5, meist wurde ein Mikrokern pro Dyade ausgeschlossen.

Den größten Anteil Mikronuklei pro Dyadenhälfte der F_1tert. hatte (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (Nr. 12, Tab. 31) mit 0,45, den niedrigsten (Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B (Nr. 6, Tab. 29) mit 0,08. Die größte Anzahl Mikronuklei pro Dyade betrug 4. Es wurde wie bei der F_1sec. hauptsächlich ein Mikrokern pro Dyade eliminiert (Tab. 28 bis 31).

Nach der 2. meiotischen Teilung eliminierten sämtliche F_1sec. und F_1tert. mehr Chromosomenmaterial als nach der 1. meiotischen Teilung.

Den größten Anteil Mikrokerne pro Tetradenviertel der F_1sec. wies (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 5 (Nr. 2b, Tab. 30) mit 1,03 auf, den niedrigsten (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B (Nr. 7, Tab. 30) mit 0,12. Bei der F_1tert. eliminierte (Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (Nr. 15, Tab. 31) mit 0,80 die meisten Mikronuklei pro Tetradenviertel und (Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B (Nr. 6, Tab. 29) mit 0,07 die wenigsten Mikronuklei.

Die F_1sec. hatte je nach Kreuzung bis zu 12 Mikronuklei pro Tetrade, während dies bei der F_1tert. nur bis zu 7 Mikronuklei pro Tetrade der Fall war.

Daß die F_1tert. weniger Chromosomenmaterial eliminierte als die F_1sec. hängt damit zusammen, daß die F_1tert. einen wesentlich größeren Anteil an Bivalenten pro Pollenmutterzelle und damit weniger Univalente aufwies als die F_1sec.. Eine große Anzahl Univalente kann mehr Mikrokerne liefern als eine geringe Anzahl Univalente.

Die Durchschnittszahl für die Mikronuklei pro Dyadenhälfte betrug für die F_1sec. insgesamt 0,24 für die F_1tert. 0,19. Eine etwas geringere Differenz wurde für die Durchschnittszahl der Mikronuklei pro Tetradenviertel ermittelt: 0,49 Mikrokerne für F_1sec. und 0,43 Mikrokerne für F_1tert.. Die Chromosomenelimination nimmt hiernach zwar ab, Stabilität wird aber erst nach wiederholten Selbstungen zu erreichen sein.

Tab. 28: Anzahl Mikronuklei (M) in Dyaden und Tetraden der F_1sec. der 4x-Ploidiestufe

Kreuzung Nr.	Dyaden		Tetraden	
	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Dyadenhälfte	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Tetradenviertel
F_1 secundär				
1 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	54,3 (1-3)	0,37	85,0 (1-8)	0,69
2 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	34,4 (1-3)	0,23	91,0 (1-7)	0,74
3 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	27,2 (1-3)	0,16	49,6 (1-5)	0,20
4 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	18,0 (1-3)	0,11	41,8 (1-5)	0,18

Tab. 29: Anzahl der Mikronuklei (M) in Dyaden und Tetraden der F_1 tert. der 4x-Ploidiestufe

Kreuzung	Dyaden		Tetraden	
	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Dyaden-hälfte	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Tetraden-viertel
Nr. $\underline{F_1 \text{ tertiär}}$				
1 (Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	38,3 (1-3)	0,26	88,9 (1-6)	0,59
2 (Ch/A x 2x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	36,1 (1-3)	0,25	85,2 (1-6)	0,48
3 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	27,2 (1-3)	0,16	66,1 (1-5)	0,34
4 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	37,5 (1-4)	0,27	67,4 (1-6)	0,37
5a (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	19,9 (1-3)	0,13	71,9 (1-5)	0,35
5b (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc o 5B	-	-	81,0 (1-4)	0,40
6 (Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	12,8 (1-3)	0,08	20,5 (1-3)	0,07

Tab. 30: Anzahl Mikronuklei (M) in Dyaden und Tetraden der F_1sec. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung	Dyaden		Tetraden	
	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Dyaden-hälfte	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Tetraden-viertel
Nr. F_1 secundär				
1 (Ch/A x 2x R) x 6x Trc	52,5 (1-4)	0,40	91,0 (1-12)	0,78
2a (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3	50,4 (1-4)	0,38	85,2 (1-12)	0,67
2b (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 5	25,5 (1-3)	0,16	97,0 (1-10)	1,03
3 (Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B	60,1 (1-5)	0,51	87,2 (1-10)	0,61
4 (Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B	36,2 (1-4)	0,25	83,9 (1-9)	0,59
5 (Ch/A x 4x R) x 6x Trc	27,1 (1-3)	0,19	66,7 (1-6)	0,37
6 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B	31,3 (1-4)	0,25	51,5 (1-5)	0,25
7 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B	8,0 (1-2)	0,05	35,7 (1-4)	0,12
8 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	22,1 (1-2)	0,14	53,7 (1-5)	0,24
9 (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B	30,5 (1-3)	0,21	79,7 (1-6)	0,49
10 (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B	21,1 (1-3)	0,14	63,9 (1-6)	0,30
11 (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	19,2 (1-4)	0,12	79,0 (1-6)	0,44
12 (Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B	75,5 (1-4)	0,57	80,7 (1-8)	0,53
13 (Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B	39,0 (1-3)	0,25	82,8 (1-7)	0,55
14 (Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc	38,1 (1-3)	0,26	87,1 (1-8)	0,57
15 (Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3	13,8 (1-2)	0,07	82,7 (1-8)	0,48

Tab. 31: Anzahl Mikronuklei (M) in Dyaden und Tetraden der F_1 tert. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung	Dyaden		Tetraden	
	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Dyaden-hälfte	PMZ mit M in % (Anzahl)	Ø M pro Tetraden-viertel
Nr. F_1 tertiär				
1 (Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc	31,7 (1-4)	0,22	60,7 (1-5)	0,25
2 (Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	19,7 (1-2)	0,11	78,8 (1-5)	0,40
3 (Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	25,4 (1-3)	0,16	87,3 (1-6)	0,58
4 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	40,2 (1-4)	0,28	77,3 (1-6)	0,34
5 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	32,1 (1-3)	0,20	89,0 (1-6)	0,68
6 (Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc	20,0 (1-3)	0,12	72,2 (1-7)	0,38
7 (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	16,2 (1-3)	0,10	63,2 (1-5)	0,29
8 (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc	18,9 (1-3)	0,12	63,9 (1-6)	0,33
12 (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	57,5 (1-3)	0,45	89,9 (1-6)	0,75
13 (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	30,4 (1-3)	0,21	80,7 (1-5)	0,45
14 (Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc	29,2 (1-3)	0,18	75,2 (1-6)	0,37
15 (Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	16,5 (1-3)	0,10	95,9 (1-6)	0,80

3.3. Kreuzungen

3.3.1. Kreuzbarkeit zwischen 2x-, 4x- und 6x-Weizen mit A. elongatum 2n=14

Agropyron elongatum ist bis jetzt die einzige diploide Agropyronart, die mit Weizen hybridisiert wurde. Die ersten Amphidiploiden wurden vor rund 25 Jahren in Kanada von ROMMEL und JENKINS (1957, 1958, 1959) hergestellt:

T. durum x A. elongatum F_1 2n=21 $\xrightarrow{\text{colch.}}$ Amphidiploid 2n=42
T. turgidum x A. elong. F_1 2n=21 $\xrightarrow{\text{colch.}}$ Amphidiploid 2n=42
T. timopheevi x A. elon. F_1 2n=21 $\xrightarrow{\text{colch.}}$ Amphidiploid 2n=42
T. aestivum x A. elong. F_1 2n=28 $\xrightarrow{\text{colch.}}$ Amphidiploid 2n=56
(Chinese spring)

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte ergänzend die Kreuzbarkeit von A. elongatum mit Weizen aller drei Polyploidiestufen festgestellt werden.

Das größte Problem bei der Durchführung solcher Kreuzungen ist der unterschiedliche Blühtermin von Weizen und Agropyron. Agropyron, das normalerweise erst Ende Juni bis Mitte Juli blüht, mußte daher früher zum Blühen gebracht werden, da der Weizen etwa drei Wochen vor Agropyron elongatum blüht. Um einen angenäherten Blühtermin zu erhalten, wurde Agropyron sofort nach der Ernte ausgelegt, und zwar Ende August, der Weizen dagegen Anfang Dezember. Die Augustaussaat von Agropyron blühte Anfang Juni wie der Weizen, und dadurch standen genügend Ähren für Kreuzungen zur Verfügung. Da Agropyron nur ein mittelmäßiger Pollenspender ist, wurde sowohl mit Pollen als auch mit Antheren bestäubt.

Weizen der 2x-Stufe zeigten keine Kreuzbarkeit mit A. elongatum. Die 32 kastrierten Ähren von T. monococcum vulgare, T. m. atriaristata und T. m. Hornemanni setzten nach Bestäubung mit A. elongatum keine Samen an.

Die Kreuzungen zwischen 4x-Weizen (T. durum) und 2x-Agropyron waren ebenfalls erfolglos.

Auf der 6x-Stufe des Weizens wurden verschiedene Weizenformen auf ihre Kreuzbarkeit mit A. elongatum geprüft, und zwar Suvon 92, Zwerg C5, Chinese spring, T. aestivum 4 TFB 259/83 kurz, C x CB 199 Vettel, TjB 368/225 Ventir und Aquila Weizen. Insgesamt wurden 78 Ähren kastriert und bestäubt. 1982 wurde kein Bastardkorn erhalten, 1981 ein Korn mit Chinese/spring als Mutter erzielt (Tab. 32). Das Bastardkorn Chinese spring x A. elongatum wurde erfolgreich colchiciniert und ergab einen neuen Typ des Amphidiploids Chinese/Agropyron.

$$\text{AABBDD x EE} \longrightarrow \underset{2n=28}{\text{ABDE}} \xrightarrow{\text{colch.}} \underset{2n=56}{\text{AABBDDEE}}$$

Tab. 32: Kreuzungen zwischen 2x-, 4x- und 6x-Weizen und A. elongatum und zwischen A. elongatum und 6x-Weizen

Pflanze	Anzahl Ähren kastriert	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
2x-Weizen (T. monococcum) x A. elongatum	32	1712	0	-
4x-Weizen (T. durum) x A. elongatum	18	564	0	-
6x-Weizen x A. elongatum 1982	78	2322	0	-
6x-Weizen (Chinese spring) x A. elongatum 1981	7	202	1	0,49
A. elongatum x 6x-Weizen	10	240	0	-

Die Kreuzungen mit A. elongatum als Mutter wurden nur in ganz geringem Umfang durchgeführt, da Agropyron sich aufgrund der engen Ährchen schlecht kastrieren läßt. Diese Kreuzungen gaben keinen Ansatz.

3.3.2. Kreuzungen zwischen 6x autoalloploidem Roggen und 4x-Agropyron

Kreuzungen zwischen 6x autoalloploidem Roggen und tetraploiden Agropyron elongatum Formen wurden ebenfalls versucht:

$$(AB)(AB)RRRR \times EEEE \rightarrow (AB)EERR \quad 2n=35$$

Trotz zweijährigen Bemühens mißlangen diese Kreuzungen. Die 526 mit 4x-Agropyronpollen bestäubten Blütchen des 6x autoalloploiden Roggens 4x 3 bzw. 4x 5 blieben steril. Eine direkte Kreuzung zwischen autoalloploidem Roggen und 4x-Agropyron ist diesen Versuchen nach zu schließen nicht möglich.

3.3.3. Kreuzungen mit Chinese/Agropyron als Mutter zur Herstellung der F_1prim.

Zur Herstellung der F_1prim. wurden folgende Kreuzungen durchgeführt:

Chinese/Agrop. x 2x-Roggen
AABBDDEE x RR → ABDER 2n=35

Chinese/Agrop. x 4x-Roggen
AABBDDEE x RRRR → ABDERR 2n=42

Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 3/4x 5
AABBDDEE x (AB)(AB)RRRR → ABDE(AB)RR 2n=49

Chinese/Agrop. x 6x-Triticale
AABBDDEE x AABBRR → AABBDER 2n=49

Die Kreuzungsergebnisse zeigt Tab. 33.

Den höchsten lebensfähigen Kreuzungsansatz wies die Kreuzung Chinese/Agrop. x 2x-Roggen mit 25,0 % auf, den niedrigsten Chinese/Agrop. x 4x-Roggen mit 1,3 %. Aus sämtlichen Kreuzungsrichtungen wurden lebensfähige Pflanzen erhalten, z.B. 7 Pflanzen von Chinese/Agrop. x 4x-Roggen bis 250 Pflanzen von Chinese/Agrop. x 2x-Roggen.

Die F_1prim. bildeten das Ausgangsmaterial für die weiteren Kreuzungen zu F_1sec., F_1tert. und F_1quart..

3.3.4. Kreuzungen mit der F_1prim. zur Herstellung der F_1sec.

Die Kreuzungen der F_1prim. zur Herstellung der F_1sec. wurden in zwei Gruppen eingeteilt, und zwar in die Kreuzungen, die zu Triticaleformen der 4x-Stufe führen und in jene, die zu Triticaleformen der 6x-Stufe führen sollten. Die Kreuzungsergebnisse zeigen Tab. 34, 35/1 und 35/2.

Die Kreuzungen (Ch/A x 6x aut 4x 5 (Nr. 15b, Tab. 35/2) hatten zwar einen Kreuzungsansatz von 8,0 %, die Samen keimten aber nicht. Die restlichen Kreuzungen brachten lebensfähige Pflanzen hervor. Die lebensfähigen Kreuzungsansätze sind allerdings sehr niedrig. Sie variierten zwischen 0,1 % für (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 5 (Nr. 2b, Tab. 35/1) und 17,2 % für (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B (Nr. 9, Tab. 35/2). Für die 4x-Reihe gab es eine Variation zwischen 0,3 und 9,1 %, für die 6x-Reihe zwischen 0,1 und 17,2 %.

3.3.5. Kreuzungen mit der F_1sec. zur Herstellung der F_1tert.

Die Kreuzungsergebnisse sind in Tab. 36, 37/1 und 37/2 wiedergegeben. Sämtliche Kreuzungen brachten genügend Kreuzungskörner hervor, bis auf die Kreuzung F_1tert. (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc o 5B) x 6x Trc (Nr. 7b, Tab. 37/1), die steril war. Der lebensfähige Kreuzungsansatz variierte für die 4x-Reihe zwischen 0,6 % und 10,3 %, für die 6x-Reihe zwischen 0,4 % und 16 %. Insgesamt gesehen wiesen die F_1tert. einen etwas besseren Kreuzungsansatz auf als die F_1sec..

3.3.6. Kreuzungen mit der F_1tert. zur Herstellung der F_1quart.

Es wurden nur noch sehr wenige F_1tert. zu F_1quart. gekreuzt, da besonders in der 6x-Reihe die meisten F_1tertiär Kombinationen die 6x-Ploidiestufe erreicht hatten. Nur für die 4x-Reihe waren noch weitere Kreuzungen in Richtung 4x-Stufe notwendig. Die Kreuzungsergebnisse zeigen Tab. 38 und 39. Alle Kreuzungen brachten Kreuzungskörner und lebensfähige Pflanzen hervor bis auf die Kreuzung F_1quart. (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B (Nr. 3b, Tab. 38). Das einzige erhaltene Kreuzungskorn

Tab. 33: Grundkreuzungen zur Herstellung der F_1prim.

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
$\underline{F_1 \text{primär}}$				
Ch/A x 2x R	29	1001	416	41,6
Ch/A x 4x R	17	555	53	9,6
Ch/A x 6x aut 4x 3	13	416	54	13,0
Ch/A x 6x aut 4x 5	13	451	201	44,6
Ch/A x 6x Trc	11	395	213	53,9

Kreuzung	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
Ch/A x 2x R	357	86,7	250	70,0	25,0
Ch/A x 4x R	7	13,2	7	100,0	1,3
Ch/A x 6x aut 4x 3	11	20,4	10	90,9	2,4
Ch/A x 6x aut 4x 5	13	6,5	13	100,0	2,9
Ch/A x 6x Trc	88	41,3	79	89,8	20,0

Tab. 34: Herstellung der F_1sec. (4x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1prim. mit 4x-Triticale zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 4x-Ploidiestufe

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
Nr. $\underline{F_1 \text{secundär}}$				
1 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	28	1126	4	0,4
2 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	18	748	20	2,7
3 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	5	254	28	11,0
4 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	2	82	4	4,9

kreuzung	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
Nr. $\underline{F_1 \text{secundär}}$					
1 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	3	75,0	3	100,0	0,3
2 (Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	12	60,0	11	91,7	1,5
3 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	24	85,7	23	95,8	9,1
4 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B	4	100,0	4	100,0	4,9

Tab. 35/1: Herstellung der F_1sec. (6x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1prim. mit verschiedenen Triticalen und autoalloploidem Roggen zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
Nr. F_1secundär				
1 (Ch/A x 2x R) x 6x Trc	36	1490	8	0,5
2a (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3	25	931	18	1,8
2b (Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 5	25	1009	10	1,0
3 (Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B	57	2022	63	3,1
4 (Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B	25	776	12	1,6
5 (Ch/A x 4x R) x 6x Trc	7	336	23	6,9
6 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B	5	252	47	18,7
7 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B	3	106	4	3,8
8 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	6	258	10	3,9

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
F_1secundär					
1	6	75,0	6	100,0	0,4
2a	7	38,9	7	100,0	0,8
2b	1	10,0	1	100,0	0,1
3	41	65,1	38	92,7	1,9
4	11	91,8	11	100,0	1,4
5	12	52,2	11	91,7	3,3
6	39	83,0	38	97,4	15,1
7	2	50,0	2	100,0	1,9
8	7	70,0	7	100,0	2,7

Tab. 35/2: Herstellung der F_1sec. (6x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1prim. mit verschiedenen Triticalen und autoalloploidem Roggen zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Nr.	Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
	F_1secundär				
9	(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B	4	186	34	18,3
10	(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B	3	138	15	10,9
11	(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	5	248	53	21,4
12	(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B	30	1314	58	4,4
13	(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B	2	74	8	10,8
14	(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc	30	1436	103	7,2
15a	(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3	7	256	13	5,1
15b	(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 5	7	239	19	8,0

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
F_1secundär					
9	34	100,0	32	94,1	17,2
10	14	93,3	14	100,0	10,1
11	43	81,1	42	97,7	16,9
12	23	39,7	21	91,3	1,6
13	5	62,5	5	100,0	6,8
14	26	25,2	25	96,2	1,7
15a	5	38,5	4	80,0	1,6
15b	0	-	-	-	-

Tab. 36: Herstellung der F_1 tert. (4x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1 sec. mit 4x-Triticale zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 4x-Ploidiestufe

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
Nr. F_1 tertiär				
1 (Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	4	206	27	13,1
2 (Ch/A x 2x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	9	460	55	12,0
3a (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	21	976	44	4,5
3b (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc o 5B	4	172	4	2,3
4 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	9	460	34	7,4
5 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	3	136	20	14,7
6 (Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	4	220	17	7,7
7 (Ch/A x 4x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	3	176	10	5,7
8 (Ch/A x 4x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	3	178	12	6,7

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
F_1 tertiär					
1	23	85,2	21	91,3	10,2
2	52	94,6	47	90,4	10,2
3a	35	80,0	33	94,3	3,4
3b	2	50,0	1	50,0	0,6
4	29	85,3	27	93,1	5,9
5	15	75,0	14	93,3	10,3
6	11	64,7	11	100,0	5,0
7	8	80,0	7	87,5	4,0
8	7	58,3	7	100,0	3,9

Tab. 37/1: Herstellung der F_1 tert. (6x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1 sec. mit 6x-Triticale zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Nr.	Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
	F_1 tertiär				
1	(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc	7	240	53	22,1
2	(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	7	300	40	13,3
3	(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	2	100	17	17,0
4	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	13	632	25	4,0
5	(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	6	286	55	19,2
6	(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc	5	224	24	10,7
7a	(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	6	354	58	16,4
7b	(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	2	102	0	-

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
F_1 tertiär					
1	18 +	52,9	18	100,0	7,5 +
2	18 ++	75,0	18	100,0	6,0 ++
3	16	94,1	16	100,0	16,0
4	17	68,0	16	94,1	2,5
5	40	72,7	33	82,5	11,5
6	11	45,8	11	100,0	4,9
7a	5	8,6	4	80,0	11,1
7b	0	-	-	-	-

+ 34 Körner ausgelegt ++ 24 Körner ausgelegt

Tab. 37/2: Herstellung der F_1 tert. (6x-Reihe) durch kreuzungen der F_1 sec. mit 6x-Triticale zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
Nr. $\underline{F_1}$ tertiär				
8 (Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc	6	324	145	44,8
9 (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	19	1004	184	18,3
10 (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	20	1190	191	16,1
11 (Ch/A x 6x aut 4x 5 x 6x Trc) x 6x Trc	20	1040	406	39,0
12 (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	10	488	9	1,8
13 (Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	7	346	6	1,7
14 (Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc	7	292	46	15,8
15 (Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	6	290	12	4,1

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
$\underline{F_1}$ tertiär					
8	32 +	78,1	28	87,5	8,6 +
9	27	14,7	18	66,7	1,8
10	30	15,7	28	93,3	2,4
11	49 ++	98,0	48	98,9	4,6 ++
12	2	22,2	2	100,0	0,4
13	2	33,3	2	100,0	0,6
14	17	37,0	17	100,0	5,8
15	7	58,3	6	85,7	2,1

+ 41 Körner ausgelegt ++ 50 Körner ausgelegt

Tab. 38: Herstellung der F_1quart. (4x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1tert. mit 4x-Triticale zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 4x-Ploidiestufe

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
Nr. F_1quartär				
1a (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	10	530	81	15,28
1b (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	11	496	4	0,81
2 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	6	310	87	28,06
3a (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	8	358	40	11,17
3b (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	1	32	1	3,13

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
F_1quartär					
1a	64	79,0	63	98,4	11,9
1b	2	50,0	2	100,0	0,4
2	74	85,1	73	98,6	23,5
3a	22	55,0	21	95,5	5,9
3b	0	-	-	-	-

Tab. 39: Herstellung der F_1quart. (6x-Reihe) durch Kreuzungen der F_1tert. mit 6x-Triticale zur Verringerung der Chromosomenzahlen in Richtung 6x-Ploidiestufe

Kreuzung	Anzahl Ähren	Anzahl Blütchen bestäubt	Anzahl Körner	Kreuzungsansatz in %
Nr. F_1quartär				
1 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B x 6x Trc) x 6x Trc	10	470	100	21,28
2 (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B x 6x Trc) x 6x Trc	12	510	141	27,65

Kreuzungsnummer	gekeimt	in %	überlebt	in %	lebensfähiger Kreuzungsansatz in %
F_1quartär					
1	59	59,0	57	96,6	12,1
2	69	48,9	62	89,9	12,2

keimte nicht. Der lebensfähige Kreuzungsansatz variierte für die 4x-Reihe zwischen 0,4 und 23,5 %, für die 6x-Reihe zwischen 12,1 und 12,2 %.

Insgesamt war der lebensfähige Kreuzungsansatz in allen durchgeführten Kreuzungen nicht sehr groß, da ein großer Teil der angesetzten Samen wenig Endosperm besaß und diese Samen sehr schlecht oder gar nicht keimten.

3.4. Morphologie und Fertilität

Morphologische Untersuchungen an der F_1prim., F_1sec. und F_1tert. sind insofern interessant, als man anhand von morphologischen Merkmalen feststellen kann, ob bestimmte Chromosomen oder Gene eines Kreuzungspartners im Genom der Pflanze vorhanden sind.

Außerdem ist notwendig zu wissen, ob die Fertilität im Laufe der Generationen zunimmt und Werte erreicht, die eine praktische Nutzung der Neukombinationen zuläßt.

Für die morphologischen Untersuchungen wurde die Halmlänge festgestellt, die Bestockung, die Ährenlänge, die Anzahl der Blütchen, die Anzahl der Spindelstufen und die Anzahl der Blütchen pro Spindelstufe. Besonderer Wert wurde auf die Untersuchung der Halmlänge gelegt, da es wünschenswert ist, möglichst kurze Agropyrontriticale zu erhalten.

Für die Fertilitätsuntersuchung wurden folgende Merkmale berücksichtigt: Kornzahl pro Blütchen, Kornzahl pro Spindelstufe, Kornzahl pro Ähre des längsten Halmes und Kornzahl pro Pflanze.

3.4.1. Vergleich des Amphidiploids Chinese/Agrop. (2n=56) mit den Eltern "Chinese spring" Weizen und A. elongatum

Es sollte untersucht werden, welche Merkmale der Amphidiploid Chinese/Agropyron von seinen Eltern "Chinese spring" Weizen und A. elongatum übernommen hat und ob neue Merkmalskombinationen auftreten (Tab. 40 und 41). Chinese/Agrop. wies in der Halmlänge und in der Spindelstufenzahl gegenüber seinen Eltern einen Heterosiseffekt auf. Die Halmlänge von durchschnittlich 145,9 cm

Tab. 40: Morphologische Merkmale von Chinese spring, A. elongatum und des Amphidiploids Chinese/Agropyron

Pflanze (Anzahl)		Halmlänge in cm	Bestockung	Ährenlänge in cm
Chinese spring				
(10)	$\bar{x}$	84,4	3,3	7,6
		(82-108,5)	(3-5)	(5,5-10)
	V %	32,5	35,2	20,6
Chinese/Agrop.				
(12)	$\bar{x}$	145,9	8,9	16,1
		(121-164)	(6-13)	(15-17)
	V %	8,2	23,2	4,8
A. elongatum				
(5)	$\bar{x}$	119,2	25,4	23,1
		(102-138)	(16-39)	(19-25)
	V %	7,4	16,1	10,9

Pflanze (Anzahl)		Spindelstufenzahl	Blütchenzahl	Blütchen/Spindelstufe
Chinese spring				
(10)	$\bar{x}$	16,2	51,2	3,6
		(12-22)	(38-96)	(2,7-5,0)
	V %	16,2	43,8	18,2
Chinese/Agrop.				
(12)	$\bar{x}$	21,0	93,9	4,5
		(20-22)	(73-112)	(3,5-5,6)
	V %	4,1	12,4	14,1
A. elongatum				
(5)	$\bar{x}$	15,2	99,8	6,6
		(14-16)	(92-106)	(5,9-7,4)
	V %	5,5	6,0	9,2

ist aber als Nachteil anzusehen, denn langes Stroh ist nicht erwünscht, da es zur Lagerung neigt. In der Länge der Ähre (Abb. 16), der Kornzahl und in der Blütchenzahl steht Chinese/Agrop. der A. elongatum Elternform näher als dem Chinese spring Weizen. Die Anordnung der Spindelstufen ist nicht so locker wie bei A. elongatum, sondern in Richtung auf den Agropyron Elter verändert. Bei einer Ährenlänge von 23,1 cm wies A. elongatum z.B. 15,2 Spindelstufen auf, während "Chinese spring" auf einer Ährenlänge von 7,6 cm 16,2 Spindelstufen besaß. Der Amphidiploid Chinese/Agrop. besaß bei 16,1 cm Ährenlänge 21,0 Spindelstufen. Ein dichter Besatz von Spindelstufen ist vorteilhafter als ein lockerer, da bei gleicher Blütchenzahl pro Spindelstufe mehr Körner pro Ähre gebildet werden können.

Tab. 41: Ergebnisse der Fertilitätsuntersuchung von Chinese spring, A. elongatum und des Amphidiploids Chinese/Agropyron

Pflanze (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Spindelstufe	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
Chinese spring					
(10)	$\bar{x}$	25,1	1,5	0,38	58,7
		(1-54)	(0,1-3,4)	(0,02-0,7)	(23-162)
	V %	75,9	65,2	51,7	71,9
Chinese/Agrop.					
(12)	$\bar{x}$	51,9	2,5	0,55	279,2
		(37-71)	(1,8-3,6)	(0,4-0,7)	(106-544)
	V %	21,8	23,1	11,9	45,3
A. elongatum					
(5)	$\bar{x}$	63,8	4,2	0,64	617,2
		(53-76)	(3,5-5,1)	(0,6-0,7)	(504-704)
	V %	13,5	13,2	10,0	13,6

Obwohl A. elongatum die geringste Anzahl Spindelstufen besaß, hatte es die größte Anzahl Blütchen pro Ähre, und zwar 99,8. Chinese/Agrop. besaß 93,9 und Chinese spring 51,2 Blütchen. Chinese/Agrop. hatte mit 4,5 Blütchen pro Spindelstufe auch durchschnittlich mehr Blütchen als Chinese spring mit nur 3,6.

Die Samen von Chinese/Agropyron wiesen eine gute Kornqualität auf. Viele Körner waren frei von Endospermschrumpfung. Während A. elongatum sehr kleine, schmale Samen besitzt, die etwa nur 1 mm breit und 3,5 bis 4 mm lang sind, sind diejenigen von Chinese spring 3 bis 3,5 mm breit und 6 bis 7 mm lang. Die Samen des Amphidiploid sind denen von Chinese spring ähnlich, allerdings sind sie etwas länglicher. Die Länge betrug 8 bis 9 mm, die Breite 2,5 bis 3 mm (Abb. 17). Chinese/Agrop. hatte im Hinblick auf das 100-Korngewicht etwa das gleiche Gewicht wie der Chinese spring Elter. Für Chinese/Agrop. wurden 3,5 g, für Chinese spring 3,4 g und für A. elongatum 0,20 g ermittelt.

In der Bestockung tendierte Chinese/Agrop. in Richtung Chinese spring.

Chinese/Agropyron hatte insgesamt von den agronomisch interessierenden Eigenschaften her gesehen sehr gute Voraussetzungen, die derzeitigen Triticale zu verbessern.

3.4.2. Morphologie und Fertilität der F_1prim.

Anhand von Morphologieuntersuchungen an den Kreuzungspflanzen sollte festgestellt werden, ob die Pflanzen Merkmale des Chinese/Agrop. bzw. des Agropyron aufwiesen, um daraus schließen zu können, ob Chromosomen bzw. Chromosomenmaterial des E-Genoms im Genom der Kreuzungspflanzen enthalten ist.

Sämtliche Kreuzungspflanzen wiesen eine lange Ähre und eine große Spindelstufenzahl und Blütchenzahl pro Ähre auf und als Nachteil auch die große Halmlänge der Mutter Chinese/Agropyron.

In der Blütchenzahl pro Ähre übertrafen die F_1prim. mit durchschnittlich 104,7 bis 115,5 Blütchen pro Ähre sogar A. elongatum (99,8 Blütchen) (Tab. 42).

Von Nachteil war allerdings die geringe Fertilität der F_1prim. (Tab. 43). Die F_1 Chinese/Agrop. x 4x-Roggen brachte keine Selbstungssamen hervor, und die F_1 Chinese/Agrop. x 6x-Triticale brachte nur durchschnittlich 0,5 Körner pro Ähre bzw. 1,5 Körner pro Pflanze. Etwas besser war der Kornansatz der Kreuzungen Chi-

Abb. 16: Ähren von Chinese spring, vom Amphidiploid Chinese/Agropyron und von A. elongatum

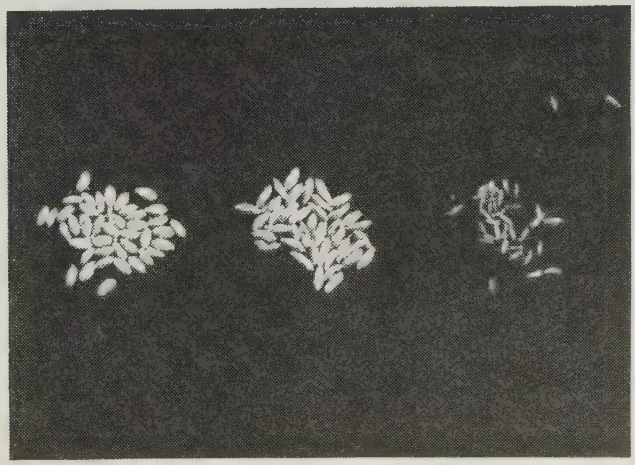

Abb. 17: Körner von Chinese spring, vom Amphidiploid Chinese/Agropyron und von A. elongatum

Tab. 42: Morphologische Merkmale der F_1prim.

Pflanze (Anzahl)		Halmlänge in cm	Bestockung	Ährenlänge in cm
Ch/A x 6x Trc (79)	$\bar{x}$	169,8 (134-205)	14,6 (5-24)	15,6 (13-19)
	V %	8,4	27,9	8,1
Ch/A x 4x R (6)	$\bar{x}$	152,0 (140-165)	11,5 (9-14)	18,3 (17,5-19)
	V %	6,8	18,9	3,3
Ch/A x 6x aut 4x 3 (8)	$\bar{x}$	184,9 (139-159)	7,3 (4-11)	18,2 (16-20)
	V %	5,7	31,9	6,7
Ch/A x 6x aut 4x 5 (9)	$\bar{x}$	143,2 (119-173)	7,9 (3-13)	18,2 (14,5-20,5)
	V %	13,7	45,2	11,3

Pflanze (Anzahl)		Spindelstufenzahl	Blütchenzahl	Blütchen/ Spindelstufe
Ch/A x 6x Trc (79)	$\bar{x}$	27,0 (22-31)	105,8 (73-146)	3,9 (2,9-5,0)
	V %	7,1	14,5	10,5
Ch/A x 4x R (6)	$\bar{x}$	29,2 (17-30)	105,6 (87-115)	3,6 (3-4,3)
	V %	4,0	11,6	12,8
Ch/A x 6x aut 4x 3 (8)	$\bar{x}$	27,6 (24-31)	115,5 (89-137)	4,2 (3,6-4,8)
	V %	9,5	12,6	11,2
Ch/A x 6x aut 4x 5 (9)	$\bar{x}$	28,0 (25-29)	104,7 (61-152)	3,8 (2,4-5,2)
	V %	4,7	32,33	25,9

nese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen 4x 3 bzw. 4x 5. Er betrug pro Ähre 7,5 bzw. 8,1 und pro Pflanzen 6,9 bzw. 19,8 Körner.

Tab. 43: Ergebnisse der Fertilitätsuntersuchung der F_1prim.

Pflanze (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Spindel-stufe	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
Ch/A x 6x Trc					
(79)	$\bar{x}$	0,5	0,02	0,004	1,5
		(0-4)	(0-0,2)	(0-0,04)	(0-7)
	V %	169,7	157,6	204,7	110,3
Ch/A x 4x R					
(6)	$\bar{x}$	0	0	0	0
	V %	-	-	-	-
Ch/A x 6x aut					
4x 3	$\bar{x}$	7,5	0,3	0,06	6,9
(8)		(0-13)	(0-0,5)	(0-0,1)	(2-13)
	V %	69,1	66,4	64,7	61,9
Ch/A x 6x aut					
4x 5	$\bar{x}$	8,1	0,3	0,07	19,8
(9)		(0-22)	(0,1-0,8)	(0-0,2)	(0-57)
	V %	107,0	105,5	98,1	98,0

3.4.3. Vergleich der F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen mit ihrer colchicinierten Form

Beim Vergleich der F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen nicht colch. mit ihrer colchicinierten Form wurde insgesamt bei den colchicinierten Pflanzen ein kleinerer und gestauchter Wuchstyp festgestellt. Die durchschnittliche Länge der nicht colchicinierten Form betrug 139,2 cm (111-178 cm), die der colchicinierten Form 112,6 cm (57-149,5 cm). Auch die Ähren und die Blütchen waren kleiner (Tab. 44).

Die längste Ähre der nicht colchicinierten Form maß durchschnittlich 18,4 cm (8,5-23,5 cm), die der colchicinierten Form 15,9 cm (3,5-21,0 cm). Die Ähren der colchicinierten Form variierten je-

doch sehr in ihrer Länge. Es waren oft viele, kleine Ähren vorhanden, während die Ähre des längsten Halmes relativ groß war.

Die nicht colchicinierte Form besaß durchschnittlich 27,4 (14-31) Spindelstufen und 82,2 (50-135) Blütchen, während die colchicinierte Form 24,6 (8-32) Spindelstufen und 74,0 (18-124) Blütchen besaß. Ihre Spindelstufen standen auch viel enger zusammen.

Sowohl die nicht colchicinierten als auch die colchicinierten Pflanzen wiesen bis zu 7 Blütchen pro Spindelstufe auf. Die nicht colchicinierten Pflanzen hatten im Durchschnitt 3,3, die colchicinierten Pflanzen 3,0 Blütchen pro Spindelstufe.

Die Bestockung war mit 13,5 (4-26) Halmen für die nicht colchicinierte Form und mit 12,7 (4-25) für die colchicinierte Form nicht auffallend verschieden.

Tab. 44: Morphologische Merkmale der F_1 prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen und ihrer colchicinierten Form

Pflanze (Anzahl)		Halmlänge in cm	Bestockung	Ährenlänge in cm
Ch/A x 2x R (96)	$\bar{x}$	139,2 (111-178)	13,5 (4-26)	18,4 (8,5-22,5)
	V %	17,9	42,3	17,7
Ch/A x 2x R colch. (42)	$\bar{x}$	112,6 (57-149,5)	12,7 (4-25)	15,9 (3,5-21,0)
	V %	21,8	40,7	24,5

Pflanze (Anzahl)		Spindelstufenzahl	Blütchenzahl	Blütchen/ Spindelstufe
Ch/A x 2x R (96)	$\bar{x}$	27,4 (14-31)	82,2 (50-135)	3,3 (1,7-4,6)
	V %	11,3	36,3	16,9
Ch/A x 2x R colch. (42)	$\bar{x}$	24,6 (8-32)	74,0 (18-124)	3,0 (1,5-4,6)
	V %	16,9	27,7	20,0

Trotz doppelt vorhandener Genome bei der colchicinierten Form (AABBDDEERR) waren die Pflanzen hochgradig steril und physiologisch gestört (Blattvergilbungen). Es konnte ferner festgestellt werden, daß die colchicinierten Pflanzen kaum funktionsfähigen Pollen ausbildeten. Es mußten aber funktionsfähige Eizellen vorhanden sein, denn Kreuzungskörner wurden nach Bestäubung mit 4x-Triticale gebildet.

Die nicht colchicinierte Form verhielt sich ähnlich. Sie war ebenfalls steril, besaß aber auch funktionsfähige Eizellen, denn Kreuzungskörner wurden auch gebildet. 3 Pflanzen brachten insgesamt 16 Selbstungskörner hervor, 247 Pflanzen besaßen keine Körner (Tab. 45).

Tab. 45: Ergebnisse der Fertilitätsuntersuchung der F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen und ihrer colchicinierten Form

Pflanze (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Spindelstufe	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
Ch/A x 2x R (96)	$\bar{x}$	0,09 (0-8)	0,004 (0-0,4)	0,002 (0-0,14)	0,19 (0-18)
	V %	1026,0	1083,0	288,80	923,9
Ch/A x 2x R colch. (42)	$\bar{x}$	-	-	-	0,12 (0-5)
	V %				642,93

3.4.4. Morphologie und Fertilitätsuntersuchungen an der F_1sec. und der F_1tert.

Das Ziel der weiteren Kreuzungen war, ein kürzeres Stroh und eine bessere Fertilität zu erreichen. Da bewußt mit kurzen 4x- und 6x-Triticaleformen rückgekreuzt wurde, trat die gewünschte Verkürzung der Halmlänge ein. So war z.B. die F_1prim. Ch/A x 6x aut 4x 3 184,9 cm lang (Tab. 42), die erste Rückkreuzung mit 6x-Triticale (F_1sec.) 118,6 cm lang (Tab. 47/2) und die zweite Rückkreuzung mit 6x-Triticale (F_1tert.) nur noch 64,7 cm lang (Tab. 49/2).

Die Ergebnisse der Morphologie- und Fertilitätsuntersuchungen sind in den Tab. 46 und 47/1 bis 47/3 (F_1sec.) und 48/1 bis 48/2 und 49/1 bis 49/3 zusammengefaßt. Die oft sehr hohen Variationskoeffizienten der Kornzahl pro Ähre, pro Blütchen und pro Pflanze zeigten, daß die Pflanzen innerhalb ihrer Kreuzungsgruppen eine sehr unterschiedliche Kornzahl und damit Fertilität besaßen. Im Extremfall konnte die Kornzahl pro Pflanze wie bei der F_1tert. (Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc (Tab. 49/1) von 2 bis 779 Körner pro Pflanze variieren.

Insgesamt gesehen wies die F_1tert. eine höhere Kornzahl pro Ährchen bzw. Ähre (Abb. 18) und ein kürzeres Stroh auf als die F_1sec.

Die Untersuchung der Ährenlänge (Abb. 19) und der Anzahl Blütchen wiesen keine Besonderheiten auf. Ihre Werte waren bei sämtlichen F_1sec. und F_1tert. ähnlich denen von Chinese/Agrop. oder A. elongatum. Daher wird vermutet, daß Agropyronmaterial in den F_1sec. und F_1tert. vorhanden ist.

3.4.5. Fertilität der Selbstungen

Der Selbstungsansatz war je nach Kreuzung und Selbstungsgeneration unterschiedlich. Die Ergebnisse zeigen Tab. 50 bis 53. Es wurde die Kornzahl pro Blütchen, pro Spindelstufe, pro Ähre und pro Pflanze festgestellt.

Sämtliche Selbstungsgenerationen der F_1prim. waren fertil. Während die Kreuzung Ch/A x 6x Trc mit 15,4 Körnern pro Pflanze in der ersten Selbstungsgeneration weniger Samen zeigte als in der zweiten Selbstungsgeneration mit 155,5 Samen pro Pflanze, verhielt sich die Kreuzung Ch/A x 6x aut 4x 3 gegenteilig. Sie besaß in der ersten Selbstungsgeneration 40,1 Samen pro Pflanze, in der zweiten Selbstungsgeneration aber nur 10,5 Samen pro Pflanze.

Bei der F_1sec. variierte die Kornzahl pro Pflanze in der Selbstungsgeneration zwischen 6,2 bei (Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B und 168,7 bei (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B.

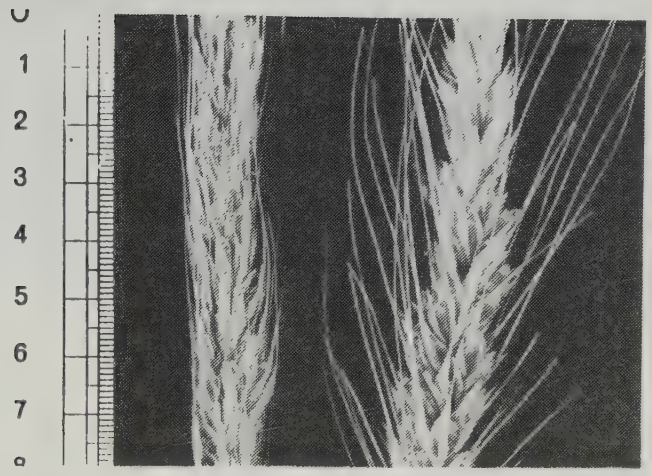

Abb. 18: Güte Ährchen und Ährenfertilität, Ährenausschnitte: (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen x 4x-Triticale m 5B) x 4x-Triticale m 5B (2n=28) und (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen x 6x-Triticale) x 6x-Triticale (2n=42)

Abb. 19:

F_1 tertiär
2n=28 (4x-Reihe)
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B)
x 4x Trc m 5B

F_1 tertiär
2n=42 (6x-Reihe)
(Ch/A x 4x R x 6x Trc)
x 6x Trc

Tab. 46: Morphologie und Fertilität der F_1sec. der 4x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1 secundär				
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B (3)	$\bar{x}$	135,0	16,3	106,7
		(117-156)	(11,5-19,5)	(89-123)
	V %	14,6	26,0	16,0
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B (10)	$\bar{x}$	109,9	11,0	87,8
		(51-150)	(5-18,5)	(44-139)
	V %	32,3	39,0	44,4
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B (22)	$\bar{x}$	129,5	13,2	98,3
		(97-169)	(6-20)	(65-171)
	V %	15,9	23,2	26,3
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B (4)	$\bar{x}$	144,0	12,8	120,0
		(104-173)	(9-17)	(85-146)
	V %	22,9	30,3	21,3

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1 secundär				
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B (3)	$\bar{x}$	3,3	0,03	10,3
		(1-7)	(0,01-0,06)	(2-17)
	V %	96,5	90,8	73,9
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B (10)	$\bar{x}$	0,3	0,002	0,5
		(0-3)	(0-0,02)	(0-4)
	V %	316,2	316,2	253,9
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B (22)	$\bar{x}$	1,0	0,01	4,6
		(0-11)	(0-0,09)	(0-50)
	V %	299,0	297,9	290,8
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B (4)	$\bar{x}$	0,5	0,003	0,5
		(0-2)	(0-0,01)	(0-2)
	V %	200,0	166,7	200,0

Tab. 47/1: Morphologie und Fertilität der F_1sec. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
$\underline{F_1 \text{secundär}}$				
(Ch/A x 2x R) x 6x Trc (6)	$\bar{x}$	93,0 (54-137)	15,2 (10-18,5)	93,0 (74-120)
	V %	30,9	21,1	20,6
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3 (7)	$\bar{x}$	123,9 (100-140)	14,0 (11-18)	78,1 (48-117)
	V %	13,1	18,6	32,6
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B (34)	$\bar{x}$	140,7 (90-177)	16,8 (11-21)	101,0 (36-178)
	V %	16,5	15,1	26,6
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B (11)	$\bar{x}$	158,6 (143-198)	18,0 (14,5-21)	136,5 (94-190)
	V %	12,0	11,0	22,3
(Ch/A x 4x R) x 6x Trc (11)	$\bar{x}$	121,4 (70-151)	14,6 (11-18)	111,5 (84-141)
	V %	22,9	14,9	18,5

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
$\underline{F_1 \text{secundär}}$				
(Ch/A x 2x R) x 6x Trc (6)	$\bar{x}$	0	0	0,2 (0-1)
	V %			240,2
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3 (7)	$\bar{x}$	0,7 (0-2)	0,007 (0-0,02)	2,6 (0-15)
	V %	134,0	135,3	215,3
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B (34)	$\bar{x}$	0,8 (0-28)	0,006 (0-0,2)	1,7 (0-49)
	V %	585,6	628,8	499,9
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B (11)	$\bar{x}$	1,3 (0-10)	0,01 (0-0,08)	1,4 (0-11)
	V %	233,8	238,6	240,0
(Ch/A x 4x R) x 6x Trc (11)	$\bar{x}$	4,1 (0-26)	0,03 (0-0,2)	18,0 (0-131)
	V %	208,5	242,8	210,6

Tab. 47/2: Morphologie und Fertilität der F_1sec. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1secundär				
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B (37)	$\bar{x}$	114,0 (70-165)	13,2 (9-18)	103,1 (58-175)
	V %	19,9	19,2	24,8
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B (2)	$\bar{x}$	139,0 (115-163)	15,5 (15-16)	120,0 (105-135)
	V %	24,4	4,6	17,7
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (7)	$\bar{x}$	118,6 (96-152)	16,3 (10-20)	117,9 (68-164)
	V %	17,6	20,9	30,3
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B (32)	$\bar{x}$	137,5 (79-172)	15,6 (10-22)	118,1 (75-172)
	V %	16,2	18,6	19,8
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B (14)	$\bar{x}$	143,2 (103-173)	11,9 (8-18)	110,4 (81-140)
	V %	15,1	22,4	28,4

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1secundär				
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B (37)	$\bar{x}$	1,4 (0-11)	0,02 (0-0,1)	6,6 (0-55)
	V %	207,3	132,6	196,1
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc o 5B (2)	$\bar{x}$	4,0 (0-8)	0,03 (0-0,06)	5,0 (0-10)
	V %	141,4	141,4	141,4
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (7)	$\bar{x}$	19,7 (0-64)	0,14 (0-0,5)	82,5 (39-145)
	V %	138,7	133,6	54,8
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B (32)	$\bar{x}$	14,9 (0-73)	0,13 (0-0,5)	56,2 (0-336)
	V %	126,8	107,8	159,6
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B (14)	$\bar{x}$	15,2 (0-33)	0,13 (0-0,5)	18,4 (0-83)
	V %	134,5	127,9	132,7

Tab. 47/3: Morphologie und Fertilität der F_1sec. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1secundär				
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc (43)	$\bar{x}$	122,3 (65-158)	16,5 (12-24)	120,7 (73-170)
	V %	22,1	17,0	24,1
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B (21)	$\bar{x}$	133,9 (98-175)	13,9 (10-20)	100,4 (50-152)
	V %	17,6	21,9	28,3
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B (5)	$\bar{x}$	121,4 (88-144)	11,5 (8,5-14)	111,2 (94-157)
	V %	18,8	17,7	23,2
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc (24)	$\bar{x}$	133,5 (88-166)	14,5 (9-19)	103,2 (46-137)
	V %	15,9	18,4	22,5
(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3 (4)	$\bar{x}$	97,3 (102-131)	12,9 (10,5-16)	88,5 (56-137)
	V %	65,4	18,9	39,4

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1secundär				
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc (43)	$\bar{x}$	29,1 (0-100)	0,2 (0-0,7)	153,8 (0-685)
	V %	78,2	72,0	118,9
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B (21)	$\bar{x}$	1,7 (0-34)	0,01 (0-0,3)	6,9 (0-143)
	V %	443,8	647,7	452,0
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc o 5B (5)	$\bar{x}$	0,2 (0-1)	0,002 (0-0,01)	0,4 (0-2)
	V %	223,6	223,6	223,6
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc (24)	$\bar{x}$	9,2 (0-42)	0,08 (0-0,4)	46,2 (0-285)
	V %	134,7	135,9	147,7
(Ch/A x 6x Trc) x 6x aut 4x 3 (4)	$\bar{x}$	1,0 (0-4)	0,01 (0-0,05)	1,5 (0-4)
	V %	200,0	250,0	127,7

Tab. 48/1: Morphologie und Fertilität der F_1 tert. der 4x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R x 4x Trc	$\bar{x}$	111,3	13,3	116,5
o 5B) x 4x Trc m 5B		(63-145)	(7-17)	(55-187)
(47)	V %	17,2	19,1	29,2
(Ch/A x 2x R x 4x Trc	$\bar{x}$	107,3	13,8	92,4
m 5B) x 4x Trc m 5B		(57-154)	(11-19)	(44-140)
(13)	V %	23,6	19,3	32,1
(Ch/A x 2x R colch. x	$\bar{x}$	121,5	14,9	110,0
4x Trc m 5B) x 4x Trc		(79-160)	(10-20)	(77-157)
m 5B	V %	17,9	21,0	20,6
(29)				

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R x 4x Trc	$\bar{x}$	6,1	0,05	42,3
o 5B) x 4x Trc m 5B		(0-47)	(0-0,3)	(0-377)
(47)	V %	159,8	137,0	205,2
(Ch/A x 2x R x 4x Trc	$\bar{x}$	4,4	0,04	31,1
m 5B) x 4x Trc m 5B		(0-35)	(0-0,3)	(0-259)
(13)	V %	185,9	167,7	197,4
(Ch/A x 2x R colch. x	$\bar{x}$	5,6	0,09	26,6
4x Trc m 5B) x 4x Trc		(0-41)	(0-0,4)	(0-198)
m 5B	V %	184,9	267,4	164,9
(29)				

Tab. 48/2: Morphologie und Fertilität der F_1 tert. der 4x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B (28)	$\bar{x}$	113,0	12,4	102,9
		(81-176)	(4-17)	(41-149)
	V %	23,7	23,2	30,8
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B (14)	$\bar{x}$	127,4	9,5	101,8
		(98-172)	(6-17)	(46-157)
	V %	14,5	29,1	27,8
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B (11)	$\bar{x}$	167,3	14,6	134,3
		(141-181)	(11-20)	(106-190)
	V %	8,4	20,7	20,2

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B (28)	$\bar{x}$	4,4	0,03	27,0
		(0-3)	(0-0,2)	(0-437)
	V %	209,2	221,2	313,3
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B (14)	$\bar{x}$	8,1	0,08	14,4
		(0-32)	(0-0,2)	(0-71)
	V %	119,7	102,5	130,8
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B (11)	$\bar{x}$	28,2	0,2	100,8
		(1-71)	(0,01-0,5)	(1-182)
	V %	89,4	77,7	74,5

Tab. 49/1: Morphologie und Fertilität der F_1 tert. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (18)	$\bar{x}$	87,0	15,4	89,5
		(62-114)	(13-20)	(50-114)
	V %	16,0	14,1	21,7
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc (16)	$\bar{x}$	105,6	14,8	100,5
		(68-139)	(12-21)	(56-133)
	V %	19,4	16,6	19,8
(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc (15)	$\bar{x}$	81,6	15,4	112,7
		(37-120)	(12-20)	(65-147)
	V %	24,6	17,5	22,7
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (17)	$\bar{x}$	116,5	16,0	108,7
		(97-142)	(11-22)	(65-151)
	V %	13,8	18,4	25,1

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (18)	$\bar{x}$	20,1	0,2	105,4
		(5-66)	(0,06-0,6)	(11-437)
	V %	82,9	69,2	99,4
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc (16)	$\bar{x}$	23,8	0,2	163,3
		(0-70)	(0-0,7)	(2-779)
	V %	82,2	80,8	125,3
(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc (15)	$\bar{x}$	25,2	0,2	153,1
		(1-74)	(0,01-0,6)	(3-643)
	V %	91,0	86,4	120,0
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (17)	$\bar{x}$	18,6	0,2	89,2
		(0-55)	(0-0,4)	(2-538)
	V %	97,4	83,1	152,8

Tab. 49/2: Morphologie und Fertilität der F_1 tert. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc (37)	$\bar{x}$	113,4 (61-172)	13,6 (9-20)	111,7 (57-160)
	V %	21,3	29,1	24,9
(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc (9)	$\bar{x}$	73,2 (33-164)	13,0 (10-18)	105,9 (70-150)
	V %	65,5	21,4	28,7
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (3)	$\bar{x}$	112,0 (82-137)	15,0 (12-20)	128,3 (115-139)
	V %	24,9	29,1	9,5
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc (26)	$\bar{x}$	64,7 (37-116)	14,7 (9-20)	108,2 (65-175)
	V %	34,3	16,0	41,2

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1 tertiär				
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc (37)	$\bar{x}$	22,7 (0-91)	0,2 (0-0,6)	111,8 (0-593)
	V %	79,1	67,5	113,0
(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc (9)	$\bar{x}$	19,8 (0-67)	0,2 (0-0,5)	103,8 (0-453)
	V %	123,1	128,0	149,0
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (3)	$\bar{x}$	34,0 (8-50)	0,5 (0,3-0,7)	162,7 (14-325)
	V %	66,8	40,2	95,9
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc (26)	$\bar{x}$	15,4 (0-77)	0,1 (0-0,5)	63,4 (0-315)
	V %	132,9	118,6	133,2

Tab. 49/3: Morphologie und Fertilität der F_1 tert. der 6x-Ploidiestufe

Kreuzung (Anzahl)		Halmlänge in cm	Ährenlänge in cm	Anzahl Blütchen
F_1 tertiär				
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (2)	$\bar{x}$	107,0 (105-109)	12,0 (11-13)	77,5 (77-78)
	V %	99,9	11,8	0,9
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc (2)	$\bar{x}$	136,6 (128-145)	12,0 (11-13)	105,0 (70-140)
	V %	8,8	11,8	47,1
(Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (6)	$\bar{x}$	86,3 (68-102)	12,3 (9-17)	108,7 (67-190)
	V %	15,1	21,6	39,7
(Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc (14)	$\bar{x}$	91,8 (42-126)	13,4 (10-18)	102,4 (59-153)
	V %	27,3	14,5	25,0

Kreuzung (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
F_1 tertiär				
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc (2)	$\bar{x}$	3,5 (3-4)	0,05 (0,04-0,05)	12,5 (4-21)
	V %	20,2	14,1	96,2
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc (2)	$\bar{x}$	14,0 (6-22)	0,1 (0,09-0,16)	53,5 (29-78)
	V %	80,8	38,1	64,8
(Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (6)	$\bar{x}$	6,5 (0-34)	0,04 (0-0,2)	62,5 (0-365)
	V %	209,5	181,7	273,2
(Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc (14)	$\bar{x}$	25,4 (3-76)	0,2 (0,04-0,6)	122,6 (3-607)
	V %	91,1	81,2	127,2

Die Kreuzungen (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B und (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc hatten Einzelpflanzen mit sehr hohen Selbstungsansätzen. Es wurden 538 bzw. 696 Körner pro Pflanze ermittelt. Solche Einzelpflanzen, deren Fertilität weit höher lag als der Durchschnitt der entsprechenden Gruppe wurden wiederholt gefunden. Eine Selektion auf Fertilität war in sämtlichen Selbstungsgenerationen möglich.

Tab. 50: Selbstungsansatz der F_1prim.S_1 aus Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Triticale (6x-Ploidiestufe)

F_1prim.S_1 (Anzahl)^1		Kornzahl/Ähre	Kornzahl/Spindelstufe	Kornzahl/Blütchen	Kornzahl/Pflanze
Ch/A x 6x Trc (34)	$\bar{x}$	4,8	0,23	0,06	15,4
		(0-27)	(0-1,0)	(0-0,3)	(0-71)
	V %	126,3	118,6	107,9	115,4
Ch/A x 6x aut 4x 3 (21)	$\bar{x}$	9,4	0,4	0,1	40,1
		(0-32)	(0-1,7)	(0-0,9)	(0-203)
	V %	125,2	20,2	145,4	128,7
Ch/A x 6x aut 4x 5 (37)	$\bar{x}$	15,9	0,7	0,2	71,7
		(0-54)	(0-1,9)	(0-0,5)	(0-247)
	V %	82,2	71,3	90,2	85,5

Tab. 51: Selbstungsansatz der F_1prim.S_2 aus Kreuzungen Chinese/Agrop. x 6x-Triticale bzw. 6x autoalloploider Roggen 4x 3 (6x-Ploidiestufe)

F_1prim.S_2 (Anzahl)^2		Kornzahl/Ähre	Kornzahl/Spindelstufe	Kornzahl/Blütchen	Kornzahl/Pflanze
Ch/A x 6x Trc (10)	$\bar{x}$	18,9	1,03	0,3	115,5
		(2-51)	(0,2-2,2)	(0,04-0,5)	(14-580)
	V %	86,7	70,0	66,7	132,9
Ch/A x 6x aut 4x 3 (8)	$\bar{x}$	4,0	0,3	0,08	10,5
		(0-17)	(0-0,9)	(0-0,2)	(0-30)
	V %	140,2	120,1	86,5	123,7

Tab. 52: Selbstungsansatz der F_1sec.S_1 aus unterschiedlichen Kreuzungen (4x-Ploidiestufe)

F_1sec.S_1 (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Spindelstufe	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B (10)	$\bar{x}$	0,5	0,02	0,01	6,2
		(0-3)	(0-0,1)	(0-0,03)	(0-27)
	V %	194,4	211,9	193,3	158,9
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B (4)	$\bar{x}$	5,5	0,2	0,07	44,3
		(0-20)	(0-0,7)	(0-0,2)	(0-143)
	V %	176,6	182,2	97,5	152,1
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B (12)	$\bar{x}$	2,1	0,05	0,01	11,3
		(0-14)	(0-0,3)	(0-0,1)	(0-45)
	V %	194,8	191,6	280,7	140,4

Tab. 53: Selbstungsansatz der F_1sec.S_1 aus unterschiedlichen Kreuzungen (6x-Ploidiestufe)

F_1sec.S_1 (Anzahl)		Kornzahl/ Ähre	Kornzahl/ Spindelstufe	Kornzahl/ Blütchen	Kornzahl/ Pflanze
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3 (7)	$\bar{x}$	8,7	0,4	0,1	73,1
		(2-25)	(0,1-1,0)	(0,03-0,3)	(4-338)
	V %	94,8	93,9	80,7	165,8
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B (25)	$\bar{x}$	11,8	0,5	0,1	45,7
		(0-40)	(0-1,9)	(0-0,4)	(0-214)
	V %	94,6	93,2	84,0	109,3
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B (8)	$\bar{x}$	10,0	0,4	0,1	23,8
		(0-39)	(0-1,4)	(0-0,4)	(0-54)
	V %	134,4	137,5	134,9	117,7
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc (9)	$\bar{x}$	12,3	0,6	0,2	96,3
		(1-27)	(0,14-0,9)	(0,01-0,3)	(15-297)
	V %	69,3	49,6	61,6	102,0
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B (23)	$\bar{x}$	23,6	0,9	0,2	168,7
		(1-47)	(0,03-2,0)	(0,01-0,4)	(1-538)
	V %	62,5	64,0	56,6	79,1
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc (49)	$\bar{x}$	16,3	0,6	0,2	136,6
		(0-84)	(0-2,2)	(0-0,6)	(0-696)
	V %	119,0	107,1	98,3	137,0

3.4.6. Analyse der Kornqualität

Die Fertilitätsuntersuchungen wurden durch umfangreiche Kornboniturен ergänzt. Es wurde begutachtet, ob die Körner prall mit Endosperm gefüllt waren, bzw. ob eine unregelmäßige Endospermverteilung vorlag (Kornschrumpfung). Auf die Kornfurche wurde ebenfalls geachtet.

Es wurden Boniturnoten von 2+ bis 4 vergeben. Die Noten wurden folgendermaßen definiert:

Note

2+: gleichmäßige Endospermverteilung ohne Schrumpfung, großes, glattes, besonders gutes Korn, gefüllte Furche

2 : gleichmäßige Endospermverteilung, glattes Korn, gefüllte Furche

2-: glattes Korn, etwas klaffende Furche

3+: etwas unregelmäßige Endospermverteilung, etwas klaffende Furche

3 : unregelmäßige Endospermverteilung mit Seitenschrumpfung, klaffende Furche

3-: sehr unregelmäßige Endospermverteilung mit Seitenschrumpfung, große, klaffende Furche

4+: stark unregelmäßige Endospermverteilung, starke Seitenschrumpfung, stark klaffende Furche

4 : starke Endospermschrumpfung, starke Seitenschrumpfung, stark klaffende Furche, viele Schrumpfkörner

Nach diesem Schema wurden die Körner der F_1sec. und F_1tert. und die Körner der Selbstungsgenerationen der F_1prim. und F_1sec. bonitiert. Die Ergebnisse sind in den Tab. 54 und 55/1 bis 55/2 zusammengefaßt.

Betrachtet man die prozentuale Häufigkeit der Bonituren, dann kann man feststellen, daß die Noten 3+ und 3 am häufigsten vergeben wurden.

In der F_1tert. für die 4x-Ploidiestufe wurde die Note 2 zweimal vergeben, und zwar an Nachkommenschaften von (Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B (1 von 21 Pflanzen) und (Ch/A x

4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B (4 von 11 Pflanzen, Abb. 21). Der Prozentsatz guter Körner (Note 2) betrug für diese zwei Nachkommenschaften 4,8 und 36,4 % (Tab. 54).

In der Serie für die 6x-Ploidiestufe wurde für 12 Nachkommenschaften die Note 2, für eine Nachkommenschaft die Note 2+ vergeben. Die Note 2+ wurde an eine von 42 Pflanzen der F_1sec.S_1 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc vergeben (2,4 %). Weiterhin erhielten in dieser Gruppe 4 Pflanzen die Note 2 (9,5 %) und 5 Pflanzen die Note 2- (11,9 %). Die größte Anzahl Pflanzen mit der Note 2 trat in der Gruppe F_1sec.S_1 (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B auf, und zwar 6 von 33 Pflanzen (18,2 %). Eine sehr gute Kornqualität wies die F_1tert. (Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc (Abb. 20) auf. 3 von 6 Pflanzen besaßen die Note 2 bzw. 2-. In den restlichen Gruppen (Tab. 55/1 und 55/2), die Nachkommenschaften mit der Note 2 hervorbrachten, variierte die Anzahl von 1 bis 4.

Insgesamt waren in der F_1sec. 3 Nachkommenschaften (4 Pflanzen) mit der Note 2, in der F_1tert. dagegen schon 5 Nachkommenschaften (9 Pflanzen) mit der Note 2. Eine Verbesserung der Kornqualität war zu verzeichnen.

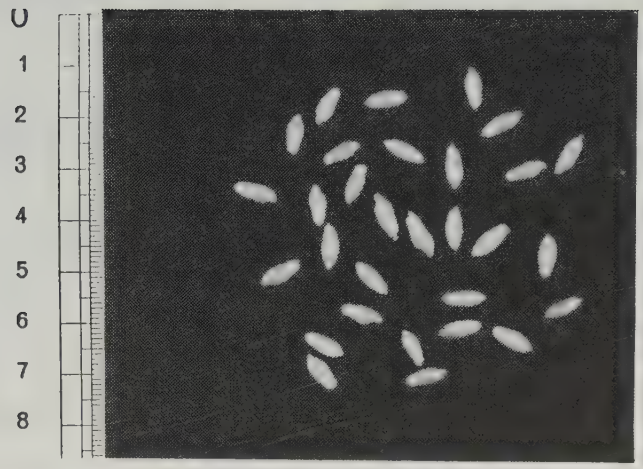

Abb. 20: Körner von F_1 tert. (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen x 6x-Triticale) x 6x-Triticale 2n=42 (6x-Stufe)

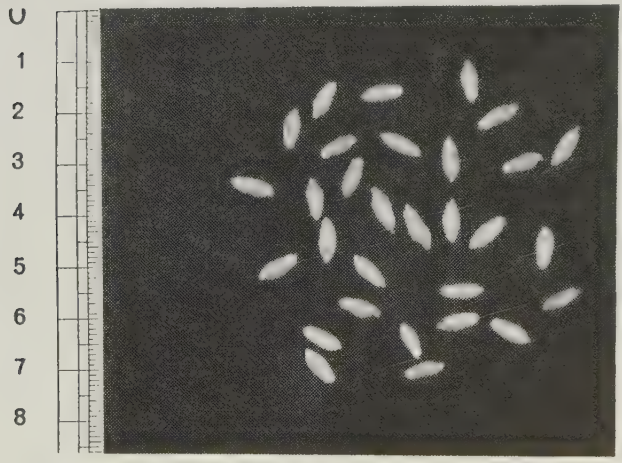

Abb. 21: Körner von F_1 tert. (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen x 4x-Triticale m 5B) x 4x-Triticale m 5B 2n=28 (4x-Stufe)

Tab. 54: Kornqualität der F_1sec., F_1tert. und der Selbstungen der F_1sec. für die 4x-Ploidiestufe

untersuchte Kreuzung bzw. Selbstung	Σ	Kornbonitur (absolut und in %) 2	2-	3+	3	3-	4+
$\underline{F_1 sec.}$							
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	7	-	-	4 57,1	2 28,6	-	1 14,3
$\underline{F_1 tert.}$							
(Ch/A x 2x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	16	-	-	-	4 25,0	10 62,0	2 13,0
(Ch/A x 2x R x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	37	-	1 2,8	4 10,8	6 16,2	16 43,2	10 27,0
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	21	1 4,8	1 4,8	3 14,3	9 42,9	6 28,5	1 4,7
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc m 5B	17	-	-	5 29,4	8 47,1	4 23,5	-
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 4x Trc o 5B	11	-	1 9,1	2 18,2	4 36,4	3 27,3	1 9,1
(Ch/A x 4x R x 4x Trc m 5B) x 4x Trc m 5B	11	4 36,4	1 9,1	6 54,5	-	-	-
$\underline{F_1 sec.S_1}$							
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc m 5B	7	-	-	1 14,3	2 28,6	3 42,9	1 14,3
(Ch/A x 2x R) x 4x Trc o 5B	3	-	-	-	3 100,0	-	-
(Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B	8	-	2 25,0	3 37,5	2 25,0	1 12,5	-

Tab. 55/1: Kornqualität der F_1sec. und F_1tert. für die 6x-Ploidiestufe

untersuchte Kreuzung bzw. Selbstung	Σ	Kornbonitur (absolut und in %) 2	2-	3+	3	3-	4+	4
F_1sec.								
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc	21	1 4,8	5 32,8	3 14,3	8 38,1	3 14,2	-	1 4,8
(Ch/A x 6x Trc) x 4x Trc m 5B	3	-	-	2 66,7	1 33,3	-	-	-
(Ch/A x 4x R) x 6x Trc	9	-	1 11,1	2 22,3	3 33,3	3 33,3	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B	29	-	-	4 13,8	7 24,2	15 51,7	3 10,3	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	6	1 16,7	1 16,7	3 49,9	1 16,7	-	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc m 5B	30	-	4 13,3	8 26,7	8 26,7	8 26,7	1 3,3	1 3,3
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 4x Trc o 5B	10	-	2 20,0	6 60,0	2 20,0	-	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	40	2 5,0	9 22,5	11 27,5	15 37,5	3 7,5	-	-
F_1tert.								
(Ch/A x 2x R x 6x Trc) x 6x Trc	15	2 13,3	1 6,7	7 46,7	5 33,3	-	-	-
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	18	-	6 33,3	6 33,3	6 33,3	-	-	-
(Ch/A x 2x R x 6x aut 4x 5) x 6x Trc	16	1 6,3	2 12,5	7 43,8	6 37,5	-	-	-
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	17	-	4 23,5	7 41,2	3 17,7	3 17,7	-	-
(Ch/A x 2x R colch. x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	35	3 8,6	11 31,4	13 37,1	5 14,3	3 8,6	-	-
(Ch/A x 4x R x 6x Trc) x 6x Trc	6	2 33,3	1 16,7	1 16,7	2 33,3	-	-	-
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	2	-	-	1 50,0	1 50,0	-	-	-
(Ch/A x 6x Trc x 4x Trc o 5B) x 6x Trc	2	-	-	-	1 50,0	1 50,0	-	-

Tab. 55/2: Kornqualität der F_1tert. und der Selbstungen der F_1prim. und F_1sec. für die 6x-Ploidiestufe

untersuchte Kreuzung bzw. Selbstung	Σ	Kornbonitur (absolut und in %) 2+	2	2-	3+	3	3-	4+
$\underline{F_1 \text{tert.}}$								
(Ch/A x 6x Trc x 6x Trc) x 6x Trc	14	-	1 7,1	2 14,3	8 57,2	3 21,4	-	-
(Ch/A x 6x Trc x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	2	-	-	-	2 100,0	-	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 4x Trc m 5B) x 6x Trc	3	-	-	1 33,3	1 33,3	1 33,3	-	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3 x 6x Trc) x 6x Trc	25	-	-	3 12,0	9 36,0	12 48,0	1 4,0	-
$\underline{F_1 \text{prim.} S_1}$								
Ch/A x 6x Trc	30	-	-	-	6 20,0	15 50,0	7 23,3	2 6,7
Ch/A x 6x aut 4x 3	18	-	-	1 5,6	3 16,7	8 44,3	5 27,8	1 5,6
Ch/A x 6x aut 4x 5	36	-	-	2 5,6	11 30,6	11 30,6	10 27,6	2 5,6
$\underline{F_1 \text{prim.} S_2}$								
Ch/A x 6x Trc	10	-	1 10,0	2 20,0	5 50,0	2 20,0	-	-
Ch/A x 6x aut 4x 3	7	-	1 14,3	1 14,3	3 42,9	2 28,6	-	-
$\underline{F_1 \text{sec.} S_1}$								
(Ch/A x 2x R) x 6x aut 4x 3	7	-	-	-	1 14,0	2 28,9	4 57,1	-
(Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc	9	-	-	-	2 22,2	4 44,4	3 33,3	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B	33	-	6 18,2	11 33,3	14 42,4	1 3,0	1 3,0	-
(Ch/A x 6x aut 4x 3) x 6x Trc	42	1 2,4	4 9,5	5 11,9	21 50,0	10 23,8	1 2,4	-
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc m 5B	23	-	-	-	8 34,8	10 43,5	5 21,7	-
(Ch/A x 2x R colch.) x 4x Trc o 5B	5	-	-	-	-	4 80,0	1 20,0	-

4. DISKUSSION

Weizen und Roggen sind zwei Getreidearten, die eine weite Verbreitung haben und die von volkswirtschaftlicher Bedeutung sind. Der Weizen bringt gegenüber Roggen meist höhere Erträge, stellt aber auch größere Ansprüche an den Boden und das Klima. Der Roggen ist dagegen anspruchsloser, hat dafür aber Resistenzeigenschaften gegen Krankheiten und kälteres Klima. Es ist daher schon seit langem ein Wunschtraum der Landwirtschafts-Wissenschaft gewesen, die Eigenschaften dieser beiden Getreidearten in einer neuen synthetischen Art zu vereinigen.

Bereits vor hundert Jahren wurden die ersten Weizen-Roggen Kreuzungen durchgeführt und auch der erste Weizen-Roggen-Amphidiploid erhalten. Er ist unter dem Namen "Triticale Rimpau" allgemein bekannt geworden.

Trotz umfangreicher Bemühungen war aber die Entwicklung brauchbarer Triticalelinien lange Zeit nicht möglich, denn das Triticalematerial wies ungünstige Eigenschaften auf, z.B. Kornschrumpfung und unbefriedigenden Ertrag und erfüllte die Erwartungen nur teilweise.

Die Ziele in der Triticalezüchtung sind zur Zeit im Wesentlichen dieselben wie in der Weizenzüchtung, und zwar: Verbesserung der Fertilität, des Ertrages und der Kornqualität, Herstellung von kurzstrohigen Pflanzen, Verbesserung der Krankheitsresistenz, der Winterhärte sowie der Aluminiumtoleranz für Formen, die auf sauren Böden mit hohem Salzgehalt wachsen sollen.

Da Triticale noch nicht die optimalen Eigenschaften einer Kulturpflanze besitzt, wird er zur Zeit hauptsächlich als Futterpflanze benutzt. Trotzdem wird weiterhin versucht, aus dem Triticale eine wertvolle Nutzpflanze für den Menschen herzustellen. Seit einigen Jahren gibt es auch zugelassene Sorten in verschiedenen Ländern (Australien: Coorong 1979, Venus 1981, Currency 1983, Polen: Lasko, Grado 1984, Italien: Mizar 1980, Frankreich: Clercal 1980 u.a.).

Neben Weizen x Roggen-Amphidiploiden wurden auch Weizen x Agropyron-Amphidiploide hergestellt. Ein solcher Amphidiploid ist

z.B. T. agropyrotriticum (TSITSIN 1965, 1978a, b). Diese neue Weizenart mit 2n=56 Chromosomen ist aus einer Kreuzung zwischen Weizen und Quecke entstanden. Sie ist perennierend und kann einmal für die Korngewinnung und anschließend als Futtergras genutzt werden.

Kreuzungen zwischen Weizen und Agropyron wurden vor allen Dingen deshalb durchgeführt, weil die Quecke einige Eigenschaften besitzt, die dem Weizen fehlen, wie Widerstandsfähigkeit gegenüber Pilzkrankheiten, Anspruchslosigkeit gegenüber den Standortbedingungen, Dürreresistenz und Vielkörnigkeit (die Körner sind allerdings sehr klein). Viele Forscher erkannten die Bedeutung dieses neuen Amphidiploides, und so wird seit etwa fünfzig Jahren mit Triticum-Agropyron-Amphidiploiden gearbeitet.

In der UdSSR wurden z.B. amphidiploide Triticum-Agropyron-Bastarde mit guter Backqualität hergestellt (TSITSIN 1965). Ob diese Bastarde aber einen praktischen Nutzen haben werden wird skeptisch beurteilt, denn durch Agropyron werden auch viele negative Eigenschaften in den Weizen eingekreuzt. Trotz dieser Nachteile könnte aber versucht werden mit Hilfe von Agropyron-Triticum-Amphidiploiden Kornqualität und Backqualität der Triticale zu verbessern. Dieses Ziel lag der vorliegenden Arbeit zugrunde.

Voraussetzung hierfür ist zunächst die Herstellung von Triticum-Agropyron-Amphidiploiden.

Die Herstellung solcher Formen hängt weitgehend vom Grad der Verwandtschaft der zu kombinierenden Formen ab. OHLENDORF (1950), CAUDERON (1978, 1979) und CAUDERON und RHIND (1976) benutzten verschiedene Arten der Gattung Agropyron zur Einkreuzung in den Weizen. OHLENDORF (1950) fand in ihrem Material aber nur eine einzige Familie, die einigermaßen befriedigte. Diese Familie vereinigte im Bastard die Resistenz gegen Mehltau und Rostkrankheiten mit guter Fertilität und normalem T. vulgare-Wuchs. In allen anderen, in bezug auf Resistenz brauchbaren Formen, steckten aber noch zu viele reine Queckeneigenschaften als das sie praktisch von Nutzen wären. Vom züchterischen Standpunkt aus verlangt daher eine erfolgreiche Einkreuzung von Agropyron ein besonders

großes Ausgangsmaterial, mehrfache Rückkreuzungen und eine viele Generationen dauernde Zeitspanne, in der sich langsam brauchbare Formen stabilisieren können.

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, daß durch Paarung und Chiasmabildung zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen Agropyrongenmaterial ausgetauscht und in dauerhafter Form in Weizenchromosomen eingelagert werden kann (OHLENDORF 1955).

Triticum und Agropyron sind zwei Gattungen des Tribus Triticeae, die wohl vom gleichen Vorfahren (wahrscheinlich diploid und perennierend) stammen (SAKAMOTO 1973). Die Verwandtschaft zwischen Weizen und Agropyron ist allerdings nicht so eng wie die zwischen Weizen und Aegilops, da natürliche Hybride nicht bekannt sind. Trotzdem lassen sich sechs Arten oder Unterarten von Agropyron erfolgreich mit Weizen kreuzen, hauptsächlich A. intermedium (2n=42) und A. elongatum (2n=14, 2n=70).

A. elongatum wurde zunächst nur als 10x-Form mit 2n=70 gefunden (PETO 1930, WAKAR 1935). SIMONET (1935) beschrieb später eine 2x-Form, die der 10x-Form sehr ähnlich war und deren Hauptverbreitungsgebiet das westliche Mittelmeer ist. Er entdeckte A. elongatum 2n=14 in der Camargue. Die Pflanzen ähnelten denen, die T. HOST 1802 schon beschrieben hatte. Die Bezeichnung EE der Genome stammt von CAUDERON.

Mit Hilfe von DNA-Hybridisation kann man den Verwandschaftsgrad zwischen Arten verschiedener Gattungen feststellen. So wurde z.B. die Homoeologie von Nukleotidsequenzen der DNA's von Weizen, Roggen und 2x-Agropyron elongatum untersucht. Es wurde ermittelt, daß die DNA von A. elongatum weniger verschieden von der Weizen-DNA als von der Roggen-DNA ist, während die Roggen-DNA ungefähr die gleichen Differenzen gegenüber Weizen- und Agropyron-DNA zeigte (DVORAK, SCHELTGEN 1973). Viele Roggen und Agropyronchromosomen können Weizenchromosomen in Substitutionslinien kompensieren. Dies zeigt, daß homoeologe Chromosomen dieser Arten ähnliche Gene tragen. Auf der anderen Seite gibt es nur wenig Paarung zwischen Weizen- und Agropyron- bzw. Roggenchromosomen, wodurch die Verschiedenheit dieser Chromosomen unterstrichen wird.

6x- und 8x-Triticale haben heute schon einige ackerbaulich wünschenswerte Eigenschaften. Sie besitzen die Winterhärte vom Roggen und überleben daher auch strenge Winter. Sie wachsen auf leichten Böden und können auf Höhen von 2000 m und höher (China, Indien und Mexiko) noch mit dem Weizen konkurieren (GUPTA, PRIYADARSHAN 1982). Nach MÜNTZING (1979) haben ferner die 8x-Triticale größere Körner als der Weizen (durchschnittliches 1000-Korngewicht 50 g bei 8x-Triticale, 40 g beim Weizen) und einen höheren Protein- und Lysingehalt (18,41 % bei 8x-Triticale, 13,51 % beim Weizen).

Trotzdem besitzen die Triticale noch genügend nachteilige Eigenschaften wie meiotische Instabilität, Aneuploidie, teilweise Sterilität und geschrumpfte Körner, die ein relativ niedriges 1000-Korngewicht bedingen.

Die Verbesserung von 6x-Triticale wurde auf verschiedenen Wegen versucht. Es wurden Rekombinationen zwischen verschiedenen primären Triticalen hergestellt. Die Kreuzung des 6x-Triticale als Vater mit 8x-Triticale oder 6x-Weizen führte zu sekundären Triticalen, in denen auch einige Roggenchromosomen durch Chromosomen des D-Genoms ersetzt wurden, und es wurden Hybride aus 8x- und 6x-Triticale mit 6x-Weizen gekreuzt.

In dieser Arbeit wurde daher versucht mit Hilfe des Triticum-Agropyron-Amphidiploides Chinese/Agropyron speziell 6x- und 4x-Triticale zu verbessern. Besonderer Wert wurde auf die Kornqualität und die Verkürzung des Strohs gelegt.

4.1. Kreuzungen zwischen Triticum und Agropyron und zwischen Agropyrontriticale und Triticale

Je nach den bestehenden Gemeinsamkeiten im Chromosomenbestand und dem Grad der morphologischen Übereinstimmung werden Art- und Gattungskreuzungen mehr oder weniger gut gelingen und die Kreuzungsprodukte vollständig fertil, teilweise fertil oder vollständig steril sein. SASAKUMA und KIHARA (1981) stellten fest, daß die Kreuzbarkeit durch die Polyploidiestufe (Balance), die genetische Verträglichkeit und die Kern-Plasma-Interaktionen

zwischen den elterlichen Genomen kontrolliert wird.

Es gibt verschiedene Arten von Kreuzungsschwierigkeiten. Sie können z.B. morphologischer Natur sein. Die Griffel des Maises sind für die Pollenschläuche des dem Mais nahestehenden Wildgrases Tripsacum zu lang. Bei anderen Kreuzungen stirbt die Bastardzygote in einem frühen Stadium aufgrund von Degeneration des Endosperms ab. Man kann dies durch Herauspräparieren des Embryos, der auf einem künstlichen Nährboden weiterkultiviert wird, verhindern.

Stimmen die Chromosomen der zu kreuzenden Arten nur teilweise überein, muß man bei der Kreuzung ebenfalls mit Schwierigkeiten rechnen. Bastardsamen treten dann nur in einem geringen Prozentsatz auf. Außerdem sind die F_1-Pflanzen meist mehr oder weniger steril (Störungen in der Chromosomenverteilung).

Sämtliche in dieser Arbeit durchgeführten Kreuzungen hatten zwar nur geringe Kreuzungsansätze, aber es wurden bis auf wenige Ausnahmen immer lebensfähige Pflanzen erhalten. Die Pflanzen konnten ohne Embryokultur großgezogen werden.

Für die Weizen-Agropyron-Kreuzungen wird der Weizen meist als Mutter genommen, denn Kreuzungen mit Agropyron als Mutter sind je nach Agropyronart gar nicht oder sehr wenig erfolgreich (ARMSTRONG 1936, KISS und RAJHATHY 1956). Die in dieser Arbeit versuchte Kreuzung zwischen A. elongatum als Mutter und 6x-Weizen als Vater mißlang. Bei Kreuzungen mit 2x-Weizen (T. monococcum) als Mutter und A. elongatum als Vater wurden ebenfalls keine Samen erhalten. Auch in der Literatur wurde keine erfolgreiche Kreuzung zwischen T. monococcum und A. elongatum gefunden, wohl aber zwischen 4x-Weizen (T. durum) und A. elongatum (JENKINS und MOCHIZUKI 1957, EVANS 1964). Der 6x-Amphidiploid AABBEE war fertil. Die in dieser Arbeit durchgeführten Kreuzungen zwischen T. durum und A. elongatum waren dagegen trotz zweijährigen Bemühens erfolglos, genauso wie diejenigen von CAUDERON (1958). Es wurde aber ein Korn aus der Kreuzung 6x-Weizen ("Chinese spring") x A. elongatum erhalten. Kreuzungen zwischen 6x-Weizen und A. elongatum gelangen in den eigenen Versuchen nur mit "Chinese spring"-Wei-

zen. Alle Kreuzungen mit anderen Weizenvarietäten (siehe Material) waren erfolglos. Die Sonderstellung von "Chinese spring" ist möglicherweise auf besondere Kreuzbarkeitsgene zurückzuführen. Dieser Weizen kann z.B. ohne Schwierigkeiten mit Roggen gekreuzt werden (bis 60 % Ansatz). Diese Varietät ist außerdem homozygot rezessiv für zwei Gene kr_1 und kr_2. Die meisten Varietäten des 6x- und 4x-Weizens tragen die dominanten Allele dieser beiden Gene und sind daher schwieriger mit Roggen zu hybridisieren. SHARMA und GILL (1983) hatten ebenfalls die größten Erfolge bei Weizen-Agropyron-Kreuzungen mit "Chinese spring"-Weizen als Mutter.

Viele Forscher bemühten sich, Triticum-Agropyron-Amphidiploide herzustellen. Besonders erfolgreich waren ROMMEL und JENKINS (1957, 1958, 1959) mit den Amphidiploiden:

8x (T. aestivum ("Chinese spring") x A. elongatum, 2n=14)
6x (T. durum x A. elongatum, 2n=14)
6x (T. timopheevi x A. elongatum, 2n=14)
6x (T. turgidum x A. elongatum, 2n=14)

Ebenfalls mehr oder weniger erfolgreich waren: VERUSHKINE, SHECHURDINE (1933), WAKAR (1934 mit A. elongatum 10x), SAPEHIN (1935), ARMSTRONG (1936), PETO (1936, 1939 mit A. elongatum 10x), JOHNSON (1938), POPOWA (1938), ÖSTERGEN (1940), SMITH (1943), GAUL (1953 mit A. intermedium), KISS, RAJHATHY (1956), JENKINS, MOCHIZUKI (1957), CAUDERON (1958, 1961a, b, 1963, 1966, 1978, 1979), ZENNYOZI (1959 mit A. intermedium), TSITSIN (1965, 1978a, b), WIENHUES (1973 mit A. intermedium), DVORAK (1976), PIENAAR (1980a, b, 1981 mit A. distichum), ALONSO, KIMBER (1980 mit A. junceum), GILL (1981, 1983 mit A. ciliare, A. trachycaulum, A. yezoense, A. scirpeum, A. intermedium) u.a..

Viele Kreuzungen zwischen Triticum und Agropyron mißlangen aufgrund von Inkompatibilität. A. elongatum 2n=70 war die erste Agropyron-Art, die mit 6x- und 4x-Weizen gekreuzt wurde, ihre beiden Hybriden waren die ersten, die für die Weizenzüchtung gebraucht wurden. A. intermedium ist die Art, die am häufigsten für Kreuzungen mit anderen Gattungen genommen wurde.

Verschiedene Gene von A. elongatum und A. intermedium wurden in den Weizen eingebracht. Etwa zwölf kommerzielle Sorten wachsen verstreut über die ganze Welt, die Resistenzgene von A. elongatum und A. intermedium erhalten haben.

Vier Agropyronarten (A. distichum (Thumb.) Beauv. 2n=28, A. elongatum (Host) Beauv. 2n=14, 2n=70, A. intermedium (Host) Beauv. 2n=42 und A. junceum (L.) Beauv. 2n=28) wurden erfolgreich mit Weizen gekreuzt (PIENAAR et al. 1977 zit. SHARMA und GILL 1981, CAUDERON 1979, ALONSO und KIMBER 1980).

SHARMA und GILL (1981) kreuzten A. ciliare mit "Chinese spring" und erhielten mit Hilfe von Embryokultur eine Pflanze. Die Kreuzung A. smithii x T. aestivum erbrachte sogar 18 Samen. Sämtliche Hybride waren aber steril, und der Versuch, Amphidiploide durch Colchicinbehandlung zu erhalten, schlug fehl.

PIENAAR (1980a, b) konnte mit Hilfe von Embryokultur lebensfähige Pflanzen aus der Kreuzung "Chinese spring" und Inia 66 x A. distichum und T. durum x A. distichum erhalten.

Alle sieben Weizen-A. elongatum (2n=14) Additionslinien (disom) und sechs Weizen-A. intermedium Additionslinien (disom) wurden hergestellt (CAUDERON et al. 1973, DVORAK 1980). Einige dieser Linien sind gegen Blatt- und Schwarzrost resistent.

Der in dieser Arbeit hergestellte Chinese/Agropyron konnte ohne Embryokultur gewonnen werden. Die einzige Bastardpflanze mit den haploiden Genomen ABDE konnte erfolgreich colchiciniert werden, und die Pflanze brachte vier Selbstungssamen hervor.

Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Übertragung von Genen aus Agropyronchromosomen in das Weizengenom war damit gegeben. Die Möglichkeit der Übertragung durch homoeologe Rekombination wurde bereits von verschiedenen Autoren diskutiert. DVORAK und KNOTT (1972) stellten z.B. Paarungen zwischen Chromosomen des D-Genoms (Aegilops squarrosa) und denen des E-Genoms von A. elongatum (2n=14) fest. 5 der 7 Chromosomen des D-Genoms paarten mit Agropyronchromosomen.

Paarungen zwischen Chromosomen des A-Genoms des Weizens und Agropyronchromosomen wurden von KNOTT (1964, 1968) ebenfalls registriert. Er stellte Paarungen zwischen Agropyronchromosomen und Chromosom 6A fest. Die Chromosomenhomoeologie zwischen Agropyron- und Weizenchromosomen dürfte groß genug sein, um Gentransfer durch homoeologe Rekombination zu ermöglichen. Nur zwischen dem B-Genom des Weizens und dem E-Genom von Agropyron scheint keine Homoeologie vorzuliegen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Gene von Agropyron in den Weizen einzubringen. Einige davon sollen erwähnt werden.

Am häufigsten erfolgte die Übertragung durch Additions-, Substitutions- oder Translokationslinien. Die Additionslinien sind allerdings häufig instabil und eliminieren das Agropyronchromosom leicht (WIENHUES 1963). Sie werden als Genspender bei Rückkreuzungen mit Weizen benutzt. Die Substitutions- oder Translokationslinien, bei denen ein Weizenchromosom oder ein Fragment eines Weizenchromosoms durch ein Agropyronchromosom oder ein Fragment davon ersetzt ist, sind dagegen stabiler. Translokationen zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen können durch Bestrahlung mit Röntgen- oder Neutronenstrahlen erzielt werden. Mit dieser Methode werden besonders kleine Segmente in den Weizen eingelagert. SEARS (1956) übertrug auf diese Weisen die Braunrostresistenz von Aegilops umbellulata in den Weizen.

SHARMA und KNOTT (1966) hatten Erfolg mit Neutronen- und Röntgenstrahlen. Es wurde die Blattrostresistenz (Puccinia recondita) von 10x-Agropyron elongatum (2n=70) auf den Weizen übertragen. Sie erhielten vier Translokationen, die das Chromosom 7D betrafen.

Durch Entfernung des ph-Locus des Weizens (Entfernung von Chromosom 5B) konnte ferner ein Gen für Gelbrostresistenz aus Ae. comosa in den Weizen übertragen werden sowie die Resistenz gegen Puccinia recondita. Die Einlagerung erfolgte in diesem Fall über zwei verschiedene A. elongatum-Chromosomen (SEARS 1973).

Die Induktion von homoeologen Paarungen durch Ausschaltung des ph-Locus ist wahrscheinlich der bessere Weg, um Gene von Fremdchromo-

somen in den Weizen einzubringen, denn es ist nicht sicher, daß ein durch Strahlen übertragenes Agropyronsegment ganz äquivalent dem eliminierten Weizensegment ist, das es ersetzt.

Die Entdeckung der genetischen Kontrolle der Chromosomenpaarung im Weizen durch OKAMOTO (1957) und RILEY (1958) hat diese Methode ermöglicht. Sie kann den Gebrauch von Bestrahlung ersetzen, ausgenommen in Situationen, in denen das Fremdchromosom so verschieden von den Weizenchromosomen ist, daß homoeologe Paarung nicht möglich ist.

Bis jetzt wurden Additions-, Substitutions- und Translokationslinien mit Agropyronchromosomen hauptsächlich für den 6x-Weizen hergestellt. Darüberhinaus wurden aber auch mit diesen Methoden versucht, Schwarzrostresistenzgene von A. elongatum in den 4x durum-Weizen einzubringen. Die einzige Agropyrontranslokation, die mit T. durum erhalten wurde, zeigte keine Pollenübertragung. Vielleicht ist aufgrund der reduzierten Pufferung des 4x-Weizengenoms die Übertragung fremder Gene schwieriger als beim 6x-Weizen (RAO 1978).

4.2. Meiosis

Die in dieser Arbeit untersuchten Agropyrontriticale zeigten dieselben meiotischen Störungen wie Triticale. Wahrscheinlich liegen auch dieselben Ursachen zugrunde. Beim Triticale spielen z.B. die unterschiedlichen Teilungsrhythmen der Genome eine Rolle, d.h. die Roggen- und Weizenchromosomen haben eine unterschiedliche zeitliche Dauer der Meiosis. Beim 4x- und 6x-Triticale müssen sich z.B. 2[(AB)(AB)] bzw. 4 (AABB) Weizengenome, beim 8x-Triticale 6 (AABBDD) Weizengenome mit dem diploiden Roggengenom (RR) arrangieren. Beim Agropyrontriticale wird sogar von 5 verschiedenen diploiden Genomen, nämlich den Weizengenomen AA, BB und DD, dem Roggengenom RR und dem Agropyrongenom EE ein funktionierendes Teilungsgeschehen erwartet.

Ein noch nicht gelöstes Problem ist in diesem Zusammenhang der gegenüber Weizen und Agropyron vermehrte Heterochromatingehalt der Roggenchromosomen, der die meiotische Paarung beeinflussen

und Univalente verursachen soll. Hieraus könnte die meiotische Instabilität der neuen Formen resultieren. Obwohl bewiesen wurde, daß Fertilität und meiotische Instabilität nicht miteinander korrelieren, ist es doch unwahrscheinlich, ohne meiotische Stabilität fertile Pflanzen zu erhalten.

Ein weiteres Problem in bezug auf die meiotischen Störungen ist die Tatsache, daß der Weizen ein Selbstbefruchter und der Roggen ein Fremdbefruchter ist. Das Roggengenom ist dadurch im Triticale und Agropyrontriticale zur Selbstung und damit Inzucht gezwungen.

Das Resultat all dieser Störungen ist die Aneuploidie. Sie ist mit der Fertilität verbunden und indirekt auch mit der meiotischen Instabilität. Die Aneuploidie fiel allerdings bei dem Triticum-Agropyron-Amphidiploid bzw. dem Agropyrontriticale nicht so ins Gewicht wie bei den Triticalen. Während bei Triticale schon bei Verlust oder Zusatz eines Chromosoms eine erhebliche Fertilitätsminderung eintritt (KROLOW 1962, 1963, 1966), war dies beim Agropyrontriticale und dem Triticum-Agropyron-Amphidiploid nicht der Fall.

Es wurden oft Versuche unternommen, Resistenzen von A. elongatum 2n=70 in T. aestivum einzubringen, aber die Agropyronchromosomen, die die Resistenzen trugen, paarten nur schwer oder überhaupt nicht mit Weizenchromosomen (LARSON und ATKINSON 1970). Daher ist die Entwicklung eines Weizens bzw. Triticale mit Agropyron-Resistenzen ein cytogenetisches Einlagerungsproblem. Die Untersuchungen an den F_1prim.-, F_1sec.- und F_1tert.-Pflanzen der hergestellten Agropyrontriticale zeigten dies.

Im Laufe der Generationen wurde eine Paarungszunahme in Metaphase I der Meiosis registriert, und oft war der Anteil der Paarungen größer als erwartet, so daß Austausch und damit Einlagerung von Agropyrongenen mit großer Sicherheit angenommen werden kann.

WAKAR (1935a, b), der der erste war, der Weizen-Quecken-Bastarde cytologisch untersuchte, stellte bei T. vulgare x 10x A. elongatum (2n=70) und T. durum x 10x A. elongatum (2n=70) Unregelmä-

ßigkeiten im Meiosisverlauf fest und nahm an, daß sich die Weizengenome mit zwei Agropyrongenomen paarten. Auch PETO (1936) schloß auf Fremdchromosomenpaarung bei seinem Hybrid T. vulgare x 10x A. elongatum (2n=70). Er entdeckte sogar Oktovalente. Wenn eine Einlagerung von Agropyrongenen in den Weizen möglich ist, dann ist auch eine Einlagerung in Triticale möglich. In diesem Zusammenhang ist es interessant zu wissen, aus welchen Genomen die Chromosomen der Bi- und Multivalente stammten und ob Agropyronchromosomen an der Paarung beteiligt waren.

Früher unterschied man Chromosomen anhand morphologischer Charakteristika wie Armlängenverhältnis, relative Chromosomenlänge oder sekundäre Einschnürungen, diese Untersuchungsart war aber nur teilweise erfolgreich. Vorteilhafter erwies sich hier die Bandentechnik (VAN NIEKERK, PIENAAR 1983).

Morphologisch kann man A. elongatum-Chromosomen nur schwer von denen des Weizens unterscheiden (EVANS 1962), so blieb nur noch die Möglichkeit, mit Hilfe der Giemsa c-banding-Methode Agropyronchromosomen zu identifizieren. Mit dieser Methode kann man Chromosomen exakt bestimmen und Translokationen feststellen, indem man charakteristische Banden wiedererkennt oder im Falle von eingebrachtem Fremdmaterial das Fehlen bestimmter Banden registriert, die sonst in diesem Chromosom vorhanden sein müßten. Nach GILL und KIMBER (1977) können die meisten Arten der Triticinae durch die Giemsa-Technik identifiziert werden. Sie fanden gut gebänderte Chromosomen von S. cereale, T. speltoides, Agropyron und Haynaldia villosa. GILL (1981) fand gut identifizierbare Banden bei Agropyron spicatum. Bei A. elongatum wurde aber kein Bandenmuster festgestellt, so daß eine direkte Identifizierung dieser Chromosomen nicht möglich war. ONO et al. (1983) konnte aber mit Hilfe von Isoenzymen drei unterschiedliche Additionslinien T. durum- 2x A. elongatum (2n=14) charakterisieren. Auch HART und TULEEN (1983) wandten die Isoenzymtechnik erfolgreich an. Ihrer Meinung nach spielt diese Methode eine wichtige Rolle in der Charakterisierung von Fremdchromosomenmaterial. Fremde Gene im Weizen und ihre chromosomale Lage können so bestimmt werden. Vielleicht gelingt es zukünftig durch eine Kombination von N- und c-

banding und der Isoenzymtechnik die A. elongatum-Chromosomen zu identifizieren. In vorliegender Arbeit können daher nur "Wahrscheinlichkeiten" über eventuelle Paarungen, an denen Agropyronchromosomen beteiligt sind, geäußert werden. Über die Paarungsmöglichkeiten zwischen Agropyronchromosomen und Chromosomen der Weizengenome liegen verschiedene Untersuchungen vor. DVORAK (1971a) erhielt einen Hybrid aus Aegilops squarrosa (DD) und A. elongatum (EE), deren Chromosomen einen hohen Grad an Homoeologie zeigten. Es wurden im Durchschnitt 10,7 I + 1,5 II + 0,027 III gefunden. Die Extremwerte der Bivalentpaarungen variierten zwischen 0 bis 5. Fünf der Chromosomen von A. elongatum können hiernach eine Bindung mit den Chromosomen von Aegilops squarrosa eingehen. DVORAK (1971a) vermutete ferner, daß das A- und D-Genom des Weizens enger mit Agropyron verwandt ist als das B-Genom. Auch andere Autoren berichteten von einer Homoeologie zwischen Agropyron- und Weizenchromosomen. MOCHIZUKI (1960) entdeckte meiotische Paarungen zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen in einer monosomen Additionslinie. Er stellte Tri- und Pentavalente fest. Aus dieser Untersuchung wurde geschlossen, daß vier Chromosomen von T. durum und Agropyron wenigstens teilweise homolog sind. JENKINS und MOCHIZUKI (1957) beobachteten 2,6 Bivalente in der Metaphase I eines ABE-Bastardes. DVORAK (1971b) stellte eine Homoeologie der Agropyronchromosomen in bezug auf die Gruppen 6 und 7 des Weizens fest und bezeichnete die Agropyronchromosomen mit 6E bzw. 7E. Chromosom 6E substituierte Chromosom 6B und Chromosom 7E die Chromosomen 7A und 7D. THE und BAKER (1970) fanden heraus, daß das A. elongatum-Chromosom, das Schwarzrostresistenz besitzt, die homoeologe Gruppe 6 des Weizens substituiert. Zwei weitere Agropyronchromosomen, die Blattrostresistenz besaßen, substituierten die Weizenchromosomen 3D und 7D. Weiterhin stellte DVORAK (1979, 1980) fest, daß die A. elongatum-Chromosomen I, II, III, IV und VII in Beziehung zu den Weizenchromosomen der homoeologen Gruppen 1, 7, 4, 3 und 6 standen. Daraufhin wurden sie folgendermaßen bezeichnet: 1E, 7E, 4E, 3E und 6E. Die Chromosomen V und VI waren schwieriger einzuordnen, sie scheinen eine Beziehung zu der homoeologen Gruppe 2 zu haben.

Die Aktivität des 5B-Paarungsmechanismus des Weizens spielt für die Agropyronchromosomen auch eine Rolle. Sie paaren sich nicht mit Weizenchromosomen, wenn 5B vorhanden ist. Dieser Mechanismus funktionierte gut bei der Ausgangsform Chinese/Agropyron AABBDDEE (2n=56). Es paarten nur die Chromosomen innerhalb ihrer Genome. Multivalente wurden bei der meiotischen Analyse nicht entdeckt. In Abwesenheit oder durch Neutralisation von 5B können Weizen- und Fremdchromosomen aber miteinander paaren (JOHNSON, KIMBER 1967). Es wurden die meiotischen Beziehungen von Weizen- und A. elongatum 10x-Chromosomen mit Hilfe von ditelocentrischen Additionslinien geprüft. In 4,8 % der Zellen wurden Paarungen zwischen Agropyronchromosomen und Chromosomen der Gruppe 6 des Weizens beobachtet.

BLANCO et al. (1983) entdeckten in dem 21 chromosomigen Hybrid T. durum x Haynaldia villosa (2n=14) eine hohe Paarungsfrequenz, und zwar 13,62 I, 3,30 II und 0,26 III. Die Paarung soll dadurch zustandekommen, daß H. villosa-Gene den Chromosom 5B-Effekt des Weizens unterdrücken, ähnlich wie Ae. speltoides- oder Ae. mutica-Gene.

BARTELS (1983) beobachtete Paarungen zwischen Chromosomen des A- und des D-Genoms im Amphidiploid T. boeoticum x T. tauschii AADD. Es wurden in 88,57 % der untersuchten Pollenmutterzellen Multivalente gefunden. Auch in nulli-5B-Pflanzen von T. aestivum konjugierten die Chromosomen der A- und D-Genome. Schon KIHARA und LILIENFELD (1932) fanden im diploiden Bastard der Kreuzung T. boeoticum x T. tauschii Komplexe aus drei und vier Chromosomen und bis zu sechs Bivalente. Die beiden Genome dürften hiernach Strukturähnlichkeiten besitzen.

Multivalentfrequenzen können auch durch die Wirkung von Genen beeinflußt werden, die Homoeologenpaarung begünstigen. Auf den Chromosomen 5A und 5D des hexaploiden Weizens sind z.B. Paarungspromotoren festgestellt worden. Sind sie abwesend, wird eine Tendenz zur Asynapsis hervorgerufen (FELDMANN 1966 zit. SEARS 1976).

Von den verschiedensten Autoren wurden Paarungen zwischen Chromosomen verschiedener Genome gefunden, an denen auch Agropyronchro-

mosomen beteiligt waren. Einen Beweis für die Paarung zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen in vorliegender Arbeit lieferten die Kreuzungen Chinese/Agrop. x 4x-Weizen und 4x-Weizen x Chinese/Agrop. Anhand der F_1 Genomformel AABBDE waren 14 II und 14 I zu erwarten. Es wurden aber weniger als 14 I beobachtet, und dafür mehr Bivalente und Multivalente (Tab. 21). An den Bi-, Tri- und Quadrivalenten müßten Agropyronchromosomen beteiligt gewesen sein.

In der Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 4x Trc o 5B wurde ein heteromorphes Bivalent beobachtet, das nicht analysiert werden konnte. ZENNYOZI (1963) fand in der Kreuzung S. africanum x A. intermedium ein heteromorphes Bivalent und MUJEEB-KAZI und RODRIGUEZ (1982) bei dem Hybrid Elymus canadensis x Hordeum vulgare 2n=21. Heteromorphe Bivalente wurden auch von MELNYk und UNRAU (1959) bei einem Amphidiploid aus Aegilops squarrosa und Secale cereale zwischen Chromosomen des D- und R-Genoms gefunden. Auch METTIN et al. (1976) entdeckte Weizen-Roggenpaarungen in Form von heteromorphen Bivalenten. Er konnte dies mit der c-banding-Methode nachweisen und auch die daran beteiligten Weizenchromosomen 2B, 5B und 6B identifizieren.

Interessant war die Analyse der F_1prim. Chinese/Agrop. x 2x-Roggen, Genomformel ABDER, die aus fünf verschiedenen Genomen zusammengesetzt war. Statt der erwarteten 35 I traten Konfigurationen von 1 II + 33 I bis zu 11 II + 13 I pro Zelle auf. 11 II bedeutet, daß 22 Chromosomen, das sind 62,80 % der Chromosomen, an den Paarungen beteiligt waren. Aufgrund von Untersuchungen anderer Autoren wurde angenommen, daß sich hauptsächlich Chromosomen des D- und E-Genoms und A- und B-Genoms oder auch A- und D-Genoms miteinander paaren. DVORAk (1976) vermutete, daß der Roggen Gene trägt, die eine homoeologe Paarung in den Hybriden fördern. Dies könnte für den pentaploiden Hybrid zutreffen. Allerdings sind Agropyronchromosomen aber auch in der Lage, mit Chromosomen des A- und B-Genoms Paarungen einzugehen (MOCHIZUKI 1960, DVORAk 1971). Über Paarungen des E- und R-Genoms wurde noch nicht berichtet, aber von Paarungen zwischen Chromosomen des D- und R-Genoms. POHLER und KISTNER (1977) untersuchten 277 Bivalente eines poly-

haploiden F_1-Bastardes ABDR mit der c-banding-Technik und fanden, daß 7,6 % aller Bivalente aus Roggen- und Weizenchromosomen zusammengesetzt waren. LUKASZEWSKI und GUSTAFSON (1983) untersuchten 785 Triticale x Weizen-Hybride und entdeckten 195 Weizen-Roggen-Translokationschromosomen. Von 39 identifizierten Weizen-Roggen-Translokationen stammten 10 aus Translokationen zwischen homoeologen und 29 aus Translokationen zwischen nicht homoeologen Chromosomen. Es waren alle drei Weizengenome an den Translokationen beteiligt, aber mit unterschiedlichen Häufigkeiten. Fünf Translokationen wurden mit Chromosomen des A-Genoms beobachtet, sechs mit Chromosomen des B-Genoms und 28 mit Chromosomen des D-Genoms. Die Roggenchromosomen waren ebenfalls mit unterschiedlicher Häufigkeit an den Weizen-Roggen-Translokationen beteiligt, am häufigsten Chromosom 2R, am wenigsten Chromosom 6R.

Im hier untersuchten ABDER-Hybrid wurden auch Pentavalente registriert. Es wird angenommen, daß die Pentavalente durch eine oder mehrere Translokationen entstanden sind, denn es ist unwahrscheinlich, daß Chromosomen aus allen fünf Genomen sich zu einem Multivalent zusammenschließen.

Auch PIENAAR (1980a, 1981) hatte Schwierigkeiten mit der Feststellung, welche Chromosomen des durum-Weizens mit Chromosomen von A. distichum (2n=28) paarten. In seinem T. durum x A. distichum-Hybrid (2n=28) könnte die Paarung aufgrund von Autosyndese zwischen den beiden Genomen von A. distichum (2n=28) herrühren oder aufgrund von Allosyndese eines der Agropyrongenome mit dem A- oder B-Genom vom Weizen. Da sich sehr viele Chromosomen zu Bivalenten vereinigt hatten, mußte auf eine Paarung zwischen Agropyron- und Weizenchromosomen geschlossen werden.

Da der eigene F_1-Hybrid ABDER steril war, wurde eine große Anzahl Pflanzen colchiciniert. Der 10x-Amphidiploid sollte aufgrund der doppelt vorhandenen Genome eine gute Paarung in Metaphase I aufweisen und fertil sein. Er war aber steril bis auf eine Ähre, die fünf körner produzierte. Weiterhin ergab die meiotische Analyse der Ähren, daß diese mixoploid waren, d.h. teilweise pentaploid und teilweise decaploid. Die decaploiden Zellen

wiesen wie erwartet, hauptsächlich Bivalente auf (30,42 II/PMZ), Multivalente wurden nur zu 10,0 % beobachtet.

PIENAAR (1980b, 1981) beobachtete Ähnliches. Die Colchicinbehandlung des Chinese spring x A. distichum-Hybrides (2n=35) ergab keine fertilen Amphidiploiden. Zehn Pflanzen der Kreuzung Inia 66 (6x-Weizen) x A. distichum wurden ebenfalls mit 0,1 % Colchicin in 2 % DMSO für 24 Stunden behandelt. Neun von zehn Pflanzen hatten keine fertilen Sektoren. PIENAAR hatte auch mixoploide Ähren, deren decaploide PMZ ziemlich normal erschienen und eine durchschnittliche Bivalentenfrequenz von 33,86 aufwiesen.

Auch der 1955 von MÜNTZING (zit. GUPTA et al. 1982) hergestellte 10x-Triticale AABBDDRRRR war schlecht fertil und chromosomal instabil. Mit der 10x-Polyploidiestufe scheint hiernach das Valenzoptimum überschritten zu sein.

Die F_1sec.-, F_1tert.- und F_1quart.-Pflanzen dieser Arbeit wurden in Agropyrontriticale der 4x- und 6x-Ploidiestufe unterteilt. Es ist festzustellen, daß man bei der Herstellung von Agropyrontriticale für die 6x-Ploidiestufe schneller zum Ziel kommt. Für die 4x-Ploidiestufe ist folgende Kreuzung am vorteilhaftesten: (Ch/A x 4x R) x 4x Trc x 4x Trc. Diese Kreuzung, deren tetraploider Rückkreuzungspartner in vorliegender Arbeit das Weizenchromosom 5B besaß, hatte in F_1tert. eine durchschnittliche Chromosomenzahl von 28,67. Die durchschnittliche Anzahl Bivalente pro PMZ betrug 13,45 mit einer nur sehr geringen Variationsbreite von 12 bis 14 Bivalenten. Eine fast 100 %ige Bivalentenpaarung war vorhanden. Daß sich die Primärkreuzung mit 4x-Roggen als sehr günstig erwies, zeigte sich auch in der Kreuzungsserie für die 6x-Ploidiestufe. Sämtliche Pflanzen der Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 6x Trc x 6x Trc besaßen die Chromosomenzahl 2n=42. Die durchschnittliche Anzahl Bivalente pro PMZ betrug 19,93 mit einer Variationsbreite von 18 bis 21 Bivalenten. Gute Ergebnisse brachte auch die Kreuzung (Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc x 6x Trc auf. Die durchschnittliche Anzahl Bivalente pro PMZ betrug 19,20 mit einer Variationsbreite von 16 bis 21 Bivalenten.

14 Bivalente auf der 4x-Stufe und 21 Bivalente auf der 6x-Stufe bedeutet, daß sämtliche Chromosomen gepaart sind. Für Agropyronchromosomen oder Chromosomensegmente ergibt sich hieraus eine stabile Inkorporation. Eine vollständige Paarung in allen PMZ wurde allerdings noch nicht erreicht. Trotz der noch nicht hundertprozentigen Stabilität in der Meiosis sind die F_1tert.-Pflanzen aber praktisch brauchbar. Im Vergleich zu den F_1prim.- und F_1sec.-Pflanzen wiesen sie sowohl auf der 4x- als auch auf der 6x-Stufe nur eine geringere Eliminationsrate in Form von Mikronuklei auf.

Die F_1tert. der Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B x 4x Trc m 5B hatte die geringste Chromosomenelimination der 4x-Serie. Im Dyadenstadium wurden 0,08 Mikronuklei pro Dyadenhälfte und im Tetradenstadium 0,07 Mikronuklei pro Tetradenviertel ermittelt.

Die F_1prim. hatte demgegenüber im Dyadenstadium bis zu 7 und im Tetradenstadium bis zu 16 Mikronuklei. Diese große Eliminationsrate war auch eine der Ursachen für die partielle oder vollständige Sterilität der F_1prim..

Die meiotische Analyse der Kreuzungen zeigte insgesamt, daß 8x-Triticum-Agropyron-Amphidiploide (2n=56) sehr gut zur Verbesserung von Triticale genützt werden können. Die Inkorporation von Agropyronchromosomen oder Chromosomensegmenten gelingt sowohl auf der 4x- als auch auf der 6x-Ploidiestufe. Ein noch nicht gelöstes Problem ist allerdings, ob die inkorporierten Chromosomen im Genom erhalten bleiben oder nach einigen Selbstungsgenerationen wieder eliminiert werden.

4.3. Krankheiten

Die Information über Krankheitsanfälligkeit der Triticale ist z.B. nicht sehr groß, weil erst wenige Länder Triticale in größerem Maßstab anbauen. Im allgemeinen ist aber bekannt, daß die meisten Krankheiten, die Weizen und Roggen befallen, auch an Triticale beobachtet werden.

Am meisten befallen wird Triticale von Rostkrankheiten (Puccinia recondita und P. graminis). Die Entwicklung von rostresistenten

Stämmen war z.B. in Mexiko erfolgreich, und im Laufe der Jahre sind Rostkrankheiten weitgehend zurückgegangen.

Nach LINDE-LAURSEN (1977, zit. MÜNTZING 1979) ist Triticale im allgemeinen sowohl gegen Mehltau, der Weizen befällt als auch gegen Mehltau, der Roggen befällt, resistent. Der Mehltau ist daher zur Zeit kein Problem für Triticale.

Mutterkorn (Claviceps purpurea) ist dagegen ein großes Problem besonders in England und Kanada. Da Mutterkorn toxische Alkaloide enthält, kann man die Körner nicht für die Ernährung benutzen.

Weitere Krankheiten des Triticale sind Fusarium und Septoria.

Verschiedene Autoren berichteten über das Einbringen von Resistenzen unterschiedlicher Agropyronarten in den Weizen, hauptsächlich Resistenzen gegen Gelb-, Braun- und Schwarzrost sowie Septoria.

Die Blattrostresistenzen stammten hauptsächlich von A. elongatum 10x (SHARMA und KNOTT 1966) und A. intermedium (WIENHUES 1973), die Schwarzrostresistenzen von A. elongatum 10x (KNOTT 1961). Die resistenten Linien wurden erfolgreich in Weizenzuchtprogrammen benutzt. BAKSHI und SCHLEHUBER (1959, zit. CAUDERON 1966) berichteten z. B. von einer erfolgreichen Weizen-Quecken-Substitution (TAP 67), in der das Chromosom 3D durch ein Agropyronchromosom mit umfassender Braunrostresistenz ersetzt worden war. Wüchsigkeit, Fertilität und Ertrag dieser Linien waren beinahe so gut wie beim normalen Weizen, aber die Backqualität wurde durch das Fremdchromosom erheblich beeinträchtigt.

KNOTT (1964) und JOHNSON (1966) wiesen nach, daß ein weiteres Agropyronchromosom, auf dem die Resistenz gegen Schwarzrost lokalisiert war, die Weizenchromosomen 6A und 6D substituieren konnte. KNOTT (1964) gelang es, die Resistenz gegen Blatt- und Schwarzrost von A. elongatum 2n=70 mit Hilfe von Translokationen in den Weizen zu übertragen. Von den sieben hergestellten

Translokationen mit Schwarzrostresistenz wurde allerdings nur eine normal durch die Gameten übertragen.

TOWNLEY-SMITH (1965, zit. CAUDERON 1979) identifizierte mehrere schwarzrostresistente Substitutionslinien, in denen die Weizenchromosomen 1A bzw. 1D durch das jeweils homoeologe Agropyronchromosom ersetzt worden waren.

Die rostresistente Sorte "Agrus", eine Substitutionslinie, in der ein Queckenchromosom an die Stelle des Weizenchromosoms 7D getreten ist, besitzt das Gen Lr 19 für Resistenz gegenüber mehreren Rassen von Puccinia recondita.

WIENHUES (1963) arbeitete mit Triticum-A. intermedium-Bastarden. Ihr gelang eine erfolgreiche Substitution von Weizenchromosomen durch ein Queckenchromosom, das eine umfassende Resistenz gegen Braun-, Gelb- und Schwarzrost besitzt.

Die direkte züchterische Verwendung von Triticum-Agropyron-Substitutionen wird allgemein als nicht aussichtsreich beurteilt, da ein komplettes Queckenchromosom meistens nachteilig auf wichtige quantitative Eigenschaften des Weizens wirkt. Es ist vorteilhafter, wenn nur ein kleines Segment vom Agropyronchromosom mit wertvollem Genmaterial an das Weizenchromosom angeheftet wird. Daher stellte WIENHUES (1973) Translokationslinien her, die in Rückkreuzungen mit Weizensorten benutzt wurden. Die Nachkommen dieser Rückkreuzungen waren resistent.

DVORAK und KNOTT (1977) konnten Resistenzgene sowohl auf Chromosomen des D- als auch des E-Genoms lokalisieren. Die Gene für Resistenzen gegen Schwarz- und Blattrost waren auf dem langen Arm von Chromosom 6 und 7 des E-Genoms lokalisiert. Sie wurden als 6 el und 7 el bezeichnet. Die beiden Chromosomen waren homoeolog mit den Weizenchromosomen 6A und 7D. Ein Segment von A. elongatum, 7 el mit Gen Lr 19, das die Resistenz für Blattrost kontrolliert, konnte später in das Weizenchromosom 7D eingebracht werden.

GOUGH und TULEEN (1979) testeten Weizenlinien mit je einem addierten Chromosomenpaar von A. elongatum 2n=14, die von DVORAK

und KNOTT (1974) hergestellt worden waren. Die Linien mit den Agropyronchromosomen I und VII erwiesen sich als resistent gegen Septoria tritici.

Die in dieser Arbeit entwickelten Linien sind für eine Resistenzprüfung noch nicht stabil genug. Aus diesem Grunde sind Aussagen über die Resistenzeigenschaften der Agropyrontriticale zur Zeit nicht möglich.

Aufgrund von crossing-over zwischen D- und E-Chromosomen besonders der homoeologen Gruppe 1 und 6 ist aber das Einbringen von Krankheitsresistenzen möglich. Jedes inkorporierte D-Chromosom in den hier entwickelten Linien kann z.B. crossing-over-Gene von A. elongatum besitzen (KROLOW et al. 1984). Am wertvollsten wären in diesem Zusammenhang Resistenzgene gegen Septoria und Pucciniaarten.

4.4. Fertilität

Die reduzierte Fertilität der Triticale ist zur Zeit das Problem, das den weltweiten Anbau dieses neuen Amphidiploids behindert. Verbesserungen in diesem Bereich dürften für Weiterentwicklung der Triticale entscheidend sein. Nach AUFHAMMER et al. (1961) ist auf lange Sicht zu erwarten, daß sich die Fertilität durch fortschreitende Stabilisierung der Chromosomensätze allmählich von allein verbessert. Seiner Meinung nach werden sich die Genome des Triticale im Laufe der Jahrhunderte aneinander adaptieren wie z.B. bei Triticum aestivum. Allerdings hat diese Entwicklung beim Weizen etwa 10000 Jahre benötigt.

Im Vergleich zu Triticale besaß der hier als Ausgangsmaterial benutzte Agrotricum-Amphidiploid "Chinese/Agropyron" eine sehr gute Fertilität. Er hatte durchschnittlich 2,5 Körner pro Spindelstufe mit einer Variation von 1,8 bis 3,6. 4x-Triticale produzierte dagegen nach ROUPAKIAS et al. (1978) durchschnittlich nur 0,5 Körner pro Spindelstufe. 6x-Triticale brachten je nach Stamm 1,07 bis 2,25 Körner pro Spindelstufe (KROLOW 1966) und 8x-Triticale durchschnittlich 0,82 bis 1,96 Körner pro Spindelstufe (WEIMARCK 1973) hervor.

Die F_1prim. der hier untersuchten Kreuzungen hatten zunächst eine sehr schlechte Fertilität bzw. waren steril. Ihre Kornzahl pro Spindelstufe reichte von 0 (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen) bis 0,3 (Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen). Es wurden aber genügend funktionsfähige Gameten gebildet, um weiter kreuzen zu können. CAUHAN und PATEL (1978) stellten Ähnliches fest an der Kreuzung des haploiden Triticale ABDR mit 6x-Triticale.

Die Fertilität der F_1sec.-Pflanzen war durchschnittlich etwas besser als die der F_1prim.-Pflanzen. Es gab widerum sterile Pflanzen. Die beste Fertilität besaß die Kreuzung (Ch/A x 6x aut 4x 5) x 6x Trc mit 0,9 Körnern pro Spindelstufe und einer Variabilität von 0 bis 2,9 Körnern pro Spindelstufe. 2,9 Körner pro Spindelstufe bedeutet sehr gute Fertilität. Diese Pflanze ist z.B. in ihrer Fertilität besser als sämtliche Triticale und auch besser als die "Chinese/Agropyron"-Ausgangsform. Von der besten Einzelpflanze dieser Gruppe wurden 685 Körner geerntet.

Die F_1tert.-Pflanzen zeigten weitere Fertilitätssteigerung. Die besten Kornzahlen pro Spindelstufe hatten (Ch/A x 6x aut 4x 3) x 4x Trc m 5B x 6x Trc mit 1,0 (0,2 bis 1,3) und (Ch/A x 6x Trc) x 6x Trc x 6x Trc mit 0,9 (0,2 bis 2,6). Die beste Einzelpflanze dieser Gruppe produzierte 607 Körner. Die Durchschnittswerte für die Kornzahl pro Spindelstufe reichten bei den besten F_1tert.-Pflanzen an die Durchschnittswerte der 8x- und 6x-Triticale heran. Es ist daher durchaus möglich, daß die Agropyrontriticale den konventionellen Triticale-Formen fertilitätsmäßig ebenbürtig werden und sie vielleicht sogar eines Tages übertreffen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die meiotisch stabilsten Pflanzen nicht die höchste Fertilität aufwiesen. Das deutet darauf, daß auch bei Agropyrontriticale keine enge Beziehung zwischen meiotischer Stabilität und Fertilität besteht. Es scheinen dieselben negativen Korrelationen vorzuliegen wie für normale 4x-, 6x- und 8x-Triticale (ROUPAKIAS et al. 1978, MERKER 1971, 1973, VETTEL 1960, PIERITZ 1966, WEIMARCK 1973 u.a.).

4.5. Kornqualität

Ein weiterer Hauptmangel der Triticale ist die schlechte Kornqualität. Bereits die ersten hergestellten 6x-Triticale hatten schlecht ausgebildete Körner. In den letzten Jahrzehnten sind zwar mit Hilfe neuer Kreuzungen bzw. durch Mutationsauslösung und Selektion Verbesserungen gegenüber den ersten Amphidiploiden erreicht worden, am Ziel ist man aber immer noch nicht. Trotz großer Anstrengungen ist es nicht gelungen, sowohl beim 6x- als auch beim 8x-Triticale ein glattes, prall gefülltes Korn zu erhalten. Die Endospermschrumpfung, die relativ früh einsetzt, wird nach Auffassung verschiedener Autoren zum größten Teil durch die Anwesenheit von zu viel Heterochromatin an den Telomeren der Roggenchromosomen verursacht. GUSTAFSON et al. (1983) sind der Meinung, daß das Heterochromatin eine aberrante Endospermentwicklung im Triticale hervorruft und daß die Banden mit Samenabort und Kornschrumpfung korreliert sind. Der Verlust von Heterochromatin war mit einer Verbesserung des 1000-Korngewichtes verbunden (GUSTAFSON, BENNETT 1981, zit. GUPTA 1982).

Seitdem man weiß, daß auch spezifische Roggenchromosomen die Kornentwicklung negativ beeinflussen, wird an der Substitution dieser Chromosomen durch Weizenchromosomen gearbeitet. Außerdem erwies sich das Weizenplasma für die Kornqualität günstiger als Roggenplasma. Es sind aber auch noch andere Faktoren beteiligt, z.B. bestimmte Gene des Weizens und Roggens, die die Endospermentwicklung beeinflussen (GUPTA et al. 1982). Die Verbesserung der Kornqualität kann hiernach sowohl über die Beseitigung von überflüssigem Heterochromatin des Roggens als auch durch das Anhäufen von Genen für gute Kornqualität erreicht werden.

Das Schrumpfen der Körner kommt nach allgemeiner Auffassung dadurch zustande, daß einige Teile des Nährgewebes fehlen, da das Wachstum der Zellen mangelhaft ist. Es entstehen dadurch Hohlräume im Innern des Endosperms, die später zur Schrumpfung des Kornes führen. THOMAS et al. (1980) berichteten, daß das En-

dosperm sich nur normal entwickeln kann, wenn der Kohlenhydratstoffwechsel normal funktioniert. Da der Kohlenhydratstoffwechsel bei Triticale meist normal verläuft, dürfte die Schrumpfkornbildung bei Triticale eher durch cytologische Defekte verursacht werden als durch einen Defekt im Stärkestoffwechsel.

Die Samen der hier untersuchten Agropyrontriticale unterschiedlicher Generationen wurden nach Boniturnoten beurteilt. Selektiert wurde auf Körner, die eine gefüllte Furche wie die Weizenkörner besaßen und eine regelmäßige Endospermverteilung zeigten.

Einen großen Anteil solcher guter Körner wiesen die 6x-Pflanzen der Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 6x Trc x 6x Trc auf. 33,3 % der Körner besaßen eine gefüllte Furche, ein glattes Korn und eine regelmäßige Endospermverteilung. Auf der 4x-Ploidiestufe hatte die Kreuzung (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B x 4x Trc m 5B mit 36,4 % guter Körner die beste Kornqualität.

Die Untersuchung der Kornqualität ergab insgesamt, daß Agropyrontriticale Samen produzieren, die kaum oder keine Endospermschrumpfung besitzen. Teilweise waren die Körner der Agropyrontriticale auch größer als die der Triticale.

LUKASZEWSKI (KROLOW, LUKASZEWSKI, GUSTAFSON 1984, im Druck) untersuchte einige 4x-Pflanzen der in dieser Arbeit hergestellten F_1tert.S_1 (Ch/A x 4x R) x 4x Trc m 5B x 4x Trc m 5B mit der c-banding-Methode und stellte anhand des Bandenmusters fest, daß die Chromosomen 1, 4 und 5 des D-Genoms im 4x-Agropyrontriticale eingebaut sind (ein, zwei oder drei Chromosomen des D-Genoms). Dies bedeutet, da ja auf Chromosom 5D und 6D Gene für gute Back- und Kornqualität lokalisiert sind (DVORAK und KNOTT 1977), daß sich solche Gene aus der Ausgangsform Chinese/Agrop. (AABBDDEE) inkorporieren lassen. Betrachtet man die Körner dieser 4x-Pflanzen ist festzustellen, daß 36,4 % der Samen die Boniturnote 2 erhielten und daß diese Gruppe von sämtlich analysierten Kreuzungen der 4x- und 6x-Ploidiestufe die beste Kornqualität besaß.

Verschiedene Autoren haben die Konsequenzen der Samengröße und des Schrumpfungsgrades auf die Keimung und Ernte hin untersucht.

TARKOWSKI und KOLODZIEJCZYK (1974, zit. MÜNTZING 1979) konnten zeigen, daß der Keimungsprozentsatz abnimmt, je größer der Grad der Kornschrumpfung ist. BISHNOI und SAPRA (1975, zit. MÜNTZING 1979) fanden, daß Pflanzen mit größeren Körnern eine größere Ernte hervorbrachten und vermuteten, daß Selektion auf größere Körner nützlich sein kann für die Herstellung von verbessertem Triticale mit besserer Ernte. Es ist daher zu erwarten, daß die bessere Kornausbildung der hier selektierten Agropyrontriticale in Verbindung mit verbesserter Fertilität zu Ertragssteigerungen führen wird.

5. AUSBLICK

Aufgrund zunehmender Erfolge im Hinblick auf die Verbesserung von Triticale ist anzunehmen, daß Triticale in Zukunft eine ebenso brauchbare Getreideart für den Menschen wird wie die alten Getreidesorten Weizen und Roggen.

Anhand der cytologischen, morphologischen und Fertilitätsuntersuchungen an Agropyrontriticale der verschiedenen Generationen ist festzustellen, daß sich brauchbare Linien auf der 4x- und 6x-Ploidiestufe entwickelt haben. Diese Linien wiesen nicht nur eine gute meiotische Stabilität auf, sondern auch eine zufriedenstellende Fertilität, eine gute Kornqualität und kurzes Stroh. Aus diesem Material könnten nach mehreren Selbstungsgenerationen und nach weiterer Selektion cytogenetisch stabile Linien entstehen, die vielleicht eines Tages die besten konventionellen Triticalesorten übertreffen.

Die Kreuzungen des Chinese/Agropyron-Amphidiploid AABBDDEE mit Roggen und Triticale sollen gleichzeitig anregen, auch andere Triticum-Agropyron-Amphidiploide z.B. T. turgidum/Agropyron AABBEE oder Triticum x A. intermedium-Bastarde mit Triticale zu kreuzen. A. intermedium besitzt z.B. wertvolle Resistenzeigenschaften gegen Schwarz-, Braun- und Gelbrost, die für Triticale wünschenswert wären. Verbesserter Protein- und speziell Lysingehalt ließen sich auf diesem Wege auch erreichen.

Triticale wird heute in allen Kontinenten unter verschiedenen klimatischen und Bodenbedingungen angebaut. In vielen europäischen Ländern wurde Triticale in den letzten Jahren als neue Kulturpflanze eingeführt. Seit 1979 werden Triticalesorten kultiviert, z.B. auf 3000 ha in Ungarn, 5000 ha in Spanien und 142000 ha in der Ukraine.

Anbau und Ertrag vermehren sich von Jahr zu Jahr. So wurden 1979 in Polen 4 Tonnen/ha geerntet, 1984 7 Tonnen/ha.

Daß Triticale eine wertvolle Alternative zu den alten Getreidesorten darstellt, zeigt besonders Kanada. Dort wird Triticale schon vielseitig für die menschliche Ernährung eingesetzt, und

zwar in Form von Brot, Kuchen, Keksen, Cornflakes und Cracker. In Europa prüfen sechs Länder (Frankreich, Italien, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz) die Möglichkeit, Triticalemehl kommerziell zum Brotbacken einzusetzen.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Triticalezüchtung auf dem besten Wege ist, sich neben der Weizen- und Roggenzüchtung zu etablieren.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen dieser Arbeit sollten Grundlagen für eine Nutzung von Triticum-Agropyron-Amphidiploiden für die Triticalezüchtung schaffen. Mit Hilfe der Inkorporation von Agropyronchromosomen bzw. Agropyrongenen in den Triticale sollte vor allem versucht werden, die unbefriedigende Kornqualität zu verbessern.

Als Triticum-Agropyron-Amphidiploid diente die 8x-Form: "T. aest. var. Chinese spring x A. elongatum" (Chinese/Agrop.) AABBDDEE (2n=56), die für Kreuzungen mit Triticale aufgrund guter Kornqualität am besten geeignet erschien.

Zur Herstellung der F_1prim.-Pflanzen wurde Chinese/Agrop. mit 2x-, 4x-Roggen, 6x autoalloploidem Roggen und 6x-Triticale gekreuzt. Durch zwei bis drei Rückkreuzungen mit 4x- bzw. 6x-Triticale entstanden Agropyrontriticale der 4x- und 6x-Ploidiestufe (F_1sec., F_1tert., F_1quart.), die wie die F_1prim. cytologisch, morphologisch und im Hinblick auf ihre Fertilität und Kornqualität untersucht wurden. Der lebensfähige Kreuzungsansatz variierte von 0,1 % bis 25,0 % je nach Kombination und Generation, und es wurden bis auf wenige Ausnahmen immer lebensfähige Pflanzen erhalten.

Sämtliche Kreuzungspflanzen jeder Generation wurden auf ihre Chromosomenzahlen untersucht. Es wurde festgestellt, daß sich die meisten Pflanzen der F_1tert. und F_1quart. mit ihren Chromosomenzahlen auf der 4x- bzw. 6x-Ploidiestufe befanden.

Die Analyse der Meiosis diente der Beurteilung der Verwandtschaftsverhältnisse der unterschiedlichen Genome (A, B, D, E, R) und der daraus entstandenen Multivalentkonfigurationen, denn eine erfolgreiche Übertragung von Genen des Agropyron auf den Triticale hängt von der Paarung zwischen Weizen- und Agropyronchromosomen ab.

Es wurden die Metaphase I (Chromosomenpaarung) und das Dyaden- und das Tetradenstadium (Elimination von Mikrokernen) unter-

sucht. Die verschiedenen Generationen zeigten, daß Agropyronchromosomen sich mit Weizenchromosomen paarten. Sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten meiotischen Teilung wurden in F_1tert. nur sehr wenige Mikronuklei eliminiert. Die Kreuzung (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen) x 4x Trc x 4x Trc und die Kreuzung (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen) x 6x Trc x 6x Trc zeigten die besten Ergebnisse. Mit 13,45 bzw. 19,93 Bivalenten pro PMZ wurde eine fast vollständige Paarung registriert. Außerdem wurden nur 0,08 bzw. 0,12 Mikronuklei pro Dyadenhälfte und 0,07 bzw. 0,38 Mikronuklei pro Tetradenviertel eliminiert.

Die morphologischen Untersuchungen ergaben, daß die neuen Agropyrontriticale eine lange Ähre und eine große Spindelstufen- und Blütchenzahl pro Ähre aufwiesen. Die F_1prim.-Pflanzen besaßen als Nachteil sehr lange Halme. Im Laufe der Generationen konnte die Halmlänge durch Kreuzung mit kurzstrohigen Triticalen verkürzt werden.

Ein großer Nachteil war die geringe Fertilität bzw. Sterilität der F_1prim.-Pflanzen. Die Fertilität verbesserte sich in den nächsten Generationen, und unter den F_1tert.-Pflanzen waren einige mit guter Fertilität (bis 779 Körner pro Pflanze).

Für die Analyse der Kornqualität wurden die Körner der F_1sec., F_1tert., F_1prim.S_1 und F_1sec.S_1 herangezogen. Am häufigsten waren Körner mit etwas unregelmäßiger Endospermverteilung und einer etwas klaffenden Furche (3+ bis 3). Die besten Kornqualitäten mit 36,4 % bzw. 33,3 % Körnern mit Note 2 hatten die Pflanzen der Kreuzung (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen) x 4x Trc x 4x Trc und (Chinese/Agrop. x 4x-Roggen) x 6x Trc x 6x Trc.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Primärkombinationen (F_1prim.) Chinese/Agrop. x 4x-Roggen und Chinese/Agrop. x 6x autoalloploider Roggen am vielversprechendsten sind. Nach zweimaliger Rückkreuzung mit 4x- bzw. 6x-Triticale wurde die 4x- bzw. 6x-Ploidiestufe erreicht. Die F_1tert.-Pflanzen und die nachfolgende Selbstungsgeneration besaßen eine gute meiotische Stabilität, eine gute Kornqualität und eine zufriedenstellende

Fertilität.

Die Ergebnisse zeigen, daß es möglich ist, neue Triticale auf der 4x- und 6x-Stufe herzustellen, die Chromosomen oder Genmaterial des D- und E-Genoms besitzen, die fertil sind, eine gute Kornqualität aufweisen und eine wünschenswerte Halmlänge haben.

Trotz weltweit bereits recht guter Ergebnisse im Hinblick auf die Verbesserung der Kornqualität, Fertilität und der Resistenzeigenschaften der Triticale sind mit den hier angewandten Methoden weitere Verbesserungen zu erreichen.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ALONSO, L. C. and G. KIMBER 1980: A haploid between Agropyron junceum and Triticum aestivum. Cer. Res. Comm. 8, 355-358

ARMSTRONG, J. M. 1936: Hybridization of Triticum and Agropyron I. Crossing results and description of the first generation hybrids. Can. J. Res. 14, 190-202

AUFHAMMER, G., G. FISCHBECK und R. SCHNEIDER 1961: Ergebnisse von Versuchen zur Verbesserung der Fertilität von Weizen-Roggen-Bastarden (Triticale). Z. Pflanzenzüchtg. 45, 212-224

BARTELS, G. 1983: Cytologie von synthetischen 4x-Weizen und Kreuzungen zwischen diesen Formen. Diplomarbeit, Fachbereich Biologie, Freie Universität Berlin

BLANCO, A., R. SIMEONE, O. A. TANZARELLA and B. GRECO 1983: Morphology and chromosome pairing of a hybrid between Triticum durum Desf. and Haynaldia villosa (L.) Schur. Theor. Appl. Genet. 64, 333-357

CAUDERON, Y. 1958: Etude cytogénétique des Agropyrum français et de leurs hybrides avec les blés. Ann. Amélior. Plantes 8, 389-566

CAUDERON, Y. 1961a: List of the Triticum-Agropyrum hybrids produced and grown at The Plant Breeding Institute of Clermont-Ferrand. Wheat Inf. Serv. 12, 19

CAUDERON, Y. 1961b: Amphiploids of (Triticum x Agropyrum) Hybrids produced and grown at The Plant Breeding Institute of Clermont-Ferrand. Wheat Inf. Serv. 12, 20

CAUDERON, Y. 1963: Genome analysis in the genus Agropyron. Proc. 2nd Int. Wheat Genet. Symp., Lund, 218-234

CAUDERON, Y. 1966: Etude cytogénétique de l'évolution du matérial issu de croisement entre Triticum aestivum et Agropyron intermedium. Ann. Amélior. Plantes 16 (I), 43-70

CAUDERON, Y. 1978: Hybridation interspecifique et amélioration du blé. Annales de l'institut national agronomique (el-harrach), 8, 15-43

CAUDERON, Y. 1979: Use of Agropyron species for wheat improvement. Proc. Conf. Broading Genet. Base Crops, Wageningen, 1978, Pudoc, 175-186

CAUDERON, Y. and J.-M. RHIND 1976: The effect on wheat of an Agropyron chromosome carrying stripe rust resistance. Ann. Amélior. Plantes, 26 (4), 745-749

CAUDERON, Y., B. SAIGNE and M. DAUGE 1973: The resistance to wheat rusts of Agropyron intermedium and its use in wheat improvement. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Columbia, Missouri, USA, 401-407

CHAUHAN, K. P. S. and M. Z. PATEL 1978: Crossability of wheat-rye-haploids with hexaploid triticale. Proc. 5th Int. Wheat Genet. Symp. New Delhi, 1154-1160

DVORAK, J. 1971a: Hybrids between a diploid Agropyron elongatum and Aegilops squarrosa. Can. J. Genet. Cytol. 13, 90-94

DVORAK, J. 1971b: A study of homoeology between the chromosomes of diploid Agropyron elongatum Host. and wheat, Triticum aestivum L. Can. J. Genet. Cytol. 13, 630

DVORAK, J. 1976: The cytogenetique structure of a 56-chromosome derivative from a cross between Triticum aestivum and Agropyron elongatum (2n=70). Can. J. Genet. Cytol. 18, 271-279

DVORAK, J. 1979: Metaphase I pairing frequencies of individual Agropyron elongatum chromosome arms with Triticum chromosomes. Can. J. Genet. Cytol. 21, 243-254

DVORAK, J. 1980: Homoeology between Agropyron elongatum chromosomes and Triticum aestivum chromosomes. Can. J. Genet. Cytol. 22, 237-259

DVORAK, J. and D. R. KNOTT 1972: Homoeologous pairing of specific Agropyron elongatum (2n=70) chromosome with

wheat chromosomes. Wheat Inf. Serv. 33-34, 35-37

DVORAK, J. and D. R. KNOTT 1974: Disomic and ditelosomic additions of diploid Agropyron elongatum chromosomes to Triticum aestivum. Can. J. Genet. Cytol. 16, 399-417

DVORAK, J. and D. R. KNOTT 1977: Homoeologous chromatin exchange in a radiation-induced transfer. Can. J. Genet. Cytol. 19, 125-131

DVORAK, J. and E. SCHELTGEN 1973: Phylogenetic relationships among DNA's of wheat, rye and Agropyron. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Columbia, Missouri, USA, 73-78

EVANS, L. E. 1962: Karyotype analysis and chromosome designations for diploid Agropyron elongatum (Host) P. B. Can. J. Genet. Cytol. 4, 267-271

EVANS, L. E. 1964: Genome construction within the Triticinae. I. The synthesis of hexaploid (2n=42) having chromosomes of Agropyron and Aegilops in addition to the A and B genomes of Triticum durum. Can. J. Genet. Cytol. 6, 19-28

GAUL, H. 1953: Genomanalytische Untersuchungen bei Triticum x Agropyrum intermedium unter Berücksichtigung von Secale x A. intermedium. Zeitschr. indukt. Abstammungs- und Vererbungslehre 85, 505-546

GILL, B. S. and G. KIMBER 1977: Recognition of translocations and alien chromosome transfers in wheat by the Giemsa c-banding technique. Crop Science 17, 264-266

GOTTSCHALK, W. 1976: Die Bedeutung der Polyploidie für die Evolution der Pflanzen. Fischer Verlag Stuttgart

GOUGH, F. J. and N. TULEEN 1979: Septoria leaf blotch resistance among Agropyron. Cer. Res. Comm. 7, 275-280

GUPTA, P. L. and P. M. PRIYADARSHAN 1982: Triticale: Present status and future prospects. Advances in Genetics 21, 255-345

GUSTAFSON, J. P., A. J. LUKASZEWSKI and M. D. BENNETT 1983: Somatic deletion and redistribution of telomeric heterochromatin in the genus Secale and in Triticale. Chromosoma 88, 293-298

HART, G. E. and N. A. TULEEN 1983: Chromosomal locations of eleven Elytrigia elongata (=Agropyron elongatum) isozyme structural genes. Genet. Res., Camb. 41, 181-202

HENEEN, W. K. and H. RUNEMARK 1972: Cytology of the Elymus (Aropyron) elongatus complex. Hereditas 70, 155-164

JENKINS, B. C. and A. MOCHIZUKI 1957: A new amphiploid from a cross between Triticum durum and Agropyron elongatum (2n=14). Wheat Inf. Serv. 5, 15

JOHNSON, L. P. V. 1938: Hybridization of Triticum and Agropyron IV. Further crossing results and studies on the F_1 hybrids. Can. J. Res. 16, 417-444

JOHNSON, R. 1966: The substitution of a chromosome from Agropyron elongatum for chromosomes of hexaploid wheat. Can. J. Genet. Cytol. 8, 279-292

JOHNSON, R. and G. KIMBER 1967: Homoeologous pairing of a chromosome from Agropyron elongatum with those of Triticum aestivum and Aegilops speltoides. Genet. Res., Camb. 10, 63-71

KIHARA, H. and F. A. LILIENFELD 1932: Genomanalyse bei Triticum und Aegilopsuntersuchungen an Aegilops x Triticum- und Aegilops x Aegilops-Bastarden. Cytologia 3, 384-456

KISS, A. und T. RAJHATHY 1956: Untersuchungen über die Kreuzbarkeit innerhalb des Subtribus Triticinae. Der Züchter 26, 127-136

KNOTT, D. R. 1961: The inheritance of rust resistance. VI. The transfer of stem rust resistance from Agropyron elongatum to common wheat. Can. J. Plant Sci. 41, 109-123

KNOTT, D. R. 1964: The effect on wheat of an Agropyron chromosome carrying rust resistance. Can. J. Genet. Cy-

tol. 6, 500-507

KNOTT, D. R. 1968: Translocations involving Triticum chromosomes and Agropyron chromosomes carrying rust resistance. Can. J. Genet. Cytol. 10, 695-696

KROLOW, K.-D. 1962: Aneuploidie und Fertilität bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden (Triticale). I. Aneuploidie und Selektion auf Fertilität bei oktoploiden Triticale-Formen. Z. Pflanzenzüchtg. 48, 177-196

KROLOW, K.-D. 1963: Aneuploidie und Fertilität bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden (Triticale). II. Aneuploidie- und Fertilitätsuntersuchungen an einer oktoploiden Triticale-Form mit starker Abregulierungstendenz. Z. Pflanzenzüchtg. 49, 210-242

KROLOW, K.-D. 1966: Aneuploidie und Fertilität bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden (Triticale). III. Aneuploidie, Fertilitäts- und Halmlängenuntersuchungen an hexaploiden Triticale-Stämmen. Z. Pflanzenzüchtg. 55, 105-138

KROLOW, K.-D. 1967: Der gegenwärtige Stand der Triticale-Züchtung. Sonderabzug aus Vorträge für Pflanzenzüchter Band 11, DLG-Pflanzenzuchtabteilung, Frankfurt/Main, 67-78

KROLOW, K.-D., A. J. LUKASZEWSKI and J. P. GUSTAFSON 1984: Preliminary results on the incorporation of D- and E-genome chromosomes into 4x-triticale. Proc. 3rd Eucarpia Meeting on Triticale, Clermont-Ferrand (im Druck)

LARSON, R. I. and T. G. ATKINSON 1970: Identity of the wheat chromosomes replaced by Agropyron chromosomes in a triple alien chromosome substitution line immune to wheat streak mosaic. Can. J. Genet. Cytol. 12, 145-150

LUKASZEWSKI, A. J. and J. P. GUSTAFSON 1983: Translocations and modifications of chromosomes in triticale x wheat hybrids. Theor. Appl. Genet. 64, 239-248

MATSUMURA, S. and S. SAKAMOTO 1955: Karyotypes of diploid Agropyron species. Wheat Inf. Serv. 2, 19

MELNYK, J. and J. UNRAU 1959: Pairing between chromosomes of Aegilops squarrosa L. Var. Typica and Secale cereale L. var. prolific. Can. J. Genet. Cytol. 1, 21-25

MERKER, A. 1971: Cytogenetic investigations in hexaploid triticale. I. Meiosis, aneuploidy and fertility. Hereditas 68, 281-290

MERKER, A. 1973: Cytogenetic investigations in hexaploid triticale. II. Meiosis and fertility in F_1 and F_2. Hereditas 73, 285-290

METTIN, D., R. SCHLEGEL, W.-D. BLÜTHNER und M. WEINRICH 1976: Giemsa-Banding von MI-Chromosomen bei Weizen-Roggen-Bastarden. Biol. Zbl. 95, 35-41

MOCHIZUKI, A. 1960: Addition of individual chromosomes of Agropyron to durum wheat. Wheat Inf. Serv. 11, 22-23

MUJEEB-KAZI, A. and R. RODRIGUEZ 1982: Cytogenetics of hybrids of Elymus canadensis x Hordeum vulgare. J. Hered. 73, 77-79

MÜNTZING, A. 1979: Triticale, results and problems. Fortschritte der Pflanzenzüchtung, Beihefte zur Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 10

VAN NIEKERK, H. A. and R. DE V. PIENAAR 1983: Morphology and linear c-banded differentiation of Triticum aestivum L. EM THELL v. aestivum cv. "Chinese spring" chromosomes. Cer. Res. Comm. 11, 115-122

OHLENDORF, A. 1950: Triticum-Agropyrumbastarde. DLG-Nachrichten für Pflanzenzucht, Vorträge Einbeck und Voldagsen, 95-101

OHLENDORF, A. 1955: Weitere cytologische Untersuchungen an Weizen-Quecken-Bastarden. Der Züchter 25, 331-350

OKAMOTO, M. 1957: Asynaptic effect of chromosome V. Wheat Inf. Serv. 5, 6

ONO, H., T. NAGAYOSHI, C. NAKAMURA and K. SHINOTANI 1983: Triticum durum-Elytrigia elongata (Agropyron elongatum, 2n=14) addition lines and their cytological, morphological and biochemical characteristics. Proc. 6th Int. Wheat Genet. Symp. Kyoto, Japan (im Druck)

ÖSTERGREN, G. 1940: A hybrid between Triticum turgidum and Agropyron junceum. Hereditas 26, 395-398

PETO, F. H. 1930: Cytological studies in the genus Agropyron. Can. J. Res. 3, 428-448

PETO, F. H. 1936: Hybridization of Triticum and Agropyron. II. Cytology of the male parents and F_1 generations. Can. J. Res. 14, 203-214

PETO, F. H. 1939: Fertility and meiotic behaviour in F_1 and F_2 generations of Triticum-Agropyron hybrids. Genetics 24, 93

PIENAAR, R. DE V. 1980a: Meiotic association in a Triticum turgidum L. var. durum Desf. em. Bowden x Agropyron distichum (Thunb.) Beauv. hybrid. Wheat Inf. Serv. 51, 10-12

PIENAAR, R. DE V. 1980b: A fertile amphiploid from the cross Triticum aestivum L. em Thell. x Agropyron distichum (Thunb.) Beauv. Wheat Inf. Serv. 51, 13-14

PIENAAR, R. DE V. 1981: Genome relationships in wheat x Agropyron distichum (Thunb.) Beauv. hybrids. Z. Pflanzenzüchtg. 87, 193-212

PIENAAR, R. DE V., H. S. ROUX, E. C. VERMEULEN and M. G. LOMBARD 1977: 'n intergeneriese baster uit die kruising broodkoring (Triticum aestivum L. em. Thell. cv. aestivum cv. Chinese spring) x strandkoring (Agropyron distichum (Thunb.) Beauv.). Proc. 6th Congr. South Afric. Genet. Soc., Pretoria, 76-83

PIERITZ, W. J. 1966: Untersuchungen über die Ursachen der Aneuploidie bei amphidiploiden Weizen-Roggen-Bastarden und über die Funktionsfähigkeit ihrer männlichen und

und weiblichen Gameten. Z. Pflanzenzüchtg. 56, 27-69

POHLER, W. und G. KISTNER 1977: Meioseuntersuchungen an Triticale. III. Chromosomenanordnung und Chromosomenpaarung bei polyhaploiden Weizen-Roggen-Bastarden. Biol. Zbl. 96, 679-691

POPOWA, G. I. 1938: Cytologische Untersuchungen eines neuen Bastardes Triticum timopheevi x Agropyron elongatum. Cytologia 9, 495-498

RAO, M. V. P. 1978: The transfer of alien genes for stem rust resistance to durum wheat. Proc. 5th Wheat Genet. Symp. New Delhi 338-341

RILEY, R. 1958: Chromosome pairing and haploids in wheat. Proc. 10th Intern. Congr. Genetics 2, 234-235

ROMMEL, M. and B. C. JENKINS 1957: II. Genetic stocks. Autopolyploids and amphipolyploids in Triticinae produced at the University of Manitoba to March 1957. Wheat Inf. Serv. 5, 20

ROMMEL, M. and B. C. JENKINS 1958: III. Genetic stocks. Autopolyploids and amphipolyploids in Triticinae produced at the University of Manitoba from April 1957 to March 1958. Wheat Inf. Serv. 7, 25

ROMMEL, M. and B. C. JENKINS 1959: Amphiploids in Triticinae produced at the University of Manitoba from March 1958 to December 1959. Wheat Inf. Serv. 9-10, 23

ROUPAKIAS, D. G., P. J. KALTSIKES and K.-D. KROLOW 1978: The meiotic cycle of tetraploid triticale. Proc. 5th Int. Wheat Genet. Symp. New Delhi, 1218-1227

SAKAMOTO, S. 1973: Patterns of cytogenetic differentiation in the tribe Triticeae. Seiken ziho 24, 11-31

SAPEHIN, A. A. 1935: Cytological investigation of Triticum x Agropyron hybrids. Zurnal botaničeskii SSSR 20, 119-125

SASAKUMA, T. and H. KIHARA 1981: A synthesized common wheat obtained from a triploid hybrid, Aegilops squarrosa

var. strangulata (♀) x Triticum durum (♂). Wheat Inf. Serv. 52, 14-18

SEARS, E. R. 1956: The transfer of leaf rust resistance from Aegilops umbellulata to wheat. Brookhaven Symp. Biol. 9, 1-22

SEARS, E. R. 1973: Agropyron-wheat transfers induced by homoeologous pairing. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Columbia, Missouri, USA, 191-199

SEARS, E. R. 1976: Genetic control of chromosome pairing in wheat. Ann. Rev. Genet. 10, 31-51

SHARMA, D. and D. R. KNOTT 1966: The transfer of leave rust resistance from Agropyron to Triticum by irradiation. Can. J. Genet. Cytol. 8, 137-143

SHARMA, H. C. and B. S. GILL 1981: New hybrids between Agropyron and wheat. 1. A. ciliare x wheat and A. smithii x wheat. Wheat Inf. Serv. 52, 19-22

SHARMA, H. C. and B. S. GILL 1983: New hybrids between Agropyron and wheat. 2. Production, morphology and cytogenetic analysis of F_1 hybrids and backcross derivatives. Theor. Appl. Genet. 66, 111-121

SIMONET, M. 1935: Observation sur quelques espèces et hybrides d'Agropyrum. I. Revision de l'Agropyrum junceum (L.) P. B. et de l'A. elongatum (Host) P. B. d'après l'étude cytologique. Bull. Soc. Bot. France 82, 624-632

SINGH, R. J. and G. RÖBBELEN 1975: Comparison of somatic Giemsa banding pattern in several species of rye. Z. Pflanzenzüchtg. 75, 270-285

SMITH, D. C. 1943: Intergeneric hybridization of Triticum and other grasses, principally Agropyron. Jour. Hered. 34, 219-224

THE, T. T. and E. P. BAKER 1970: Homoeologous relationships between two Agropyron intermedium chromosomes and wheat. Wheat Inf. Serv. 31, 29-31

THOMAS, J. B., P. J. KALTSIKES, J. P. GUSTAFSON and D. G. ROU-

PAKIAS 1980: Development of kernel shrivelling in triticale. Z. Pflanzenzüchtg. 85, 1-27

TSITSIN, N. V. 1965: Remote hybridisation as a method of creating new species and varieties of plants. Euphytica 14, 326-330

TSITSIN, N. V. 1978a: The theoretical principals and practical application of distant hybridization. Vestnik sel' skokhozyaĭstvennoĭ Nauki 9, 10-21

TSITSIN, N. V. 1978b: State and prospects of research in the field of distant hybridization. Sel'skohozyaĭstvennaya Biologiya 13 (6) 822-829

VERUSHKINE, S. and A. SHECHURDINE 1933: Hybrids between wheat and couch grass. Jour. Hered. 24, 329-335

VETTEL, F. K. 1960: Mutationsversuche an Weizen-Roggenbastarden (Triticale). II. Zytologische Untersuchungen und Fertilitätsbestimmungen an Triticale Rimpau und einigen Mutanten. Der Züchter 30, 181-189

WAKAR, B. A. 1934: Bastarde zwischen Arten der Gattung Triticum und Arten der Gattung Agropyrum. Der Züchter 6, 211-215

WAKAR, B. A. 1935a: Cytologische Untersuchung über F_1 der Weizen-Queckengras Bastarde. Cytologia 7, 293-312

WAKAR, B. A. 1935b: Cytologische Untersuchung der ersten Generation der Weizen-Queckengrasbastarde. Der Züchter 7, 199-206

WEIMARCK, A. 1973: Cytogenetic behaviour in octoploid triticale. I. Meiosis, aneuploidy and fertility. Hereditas 74, 103-118

WIENHUES, A. 1963: Transfer of rust resistance of Agropyron to wheat by addition, substitution and translocation. Proc. 2nd Int. Wheat Genet. Symp. Lund, 328-341

WIENHUES, A. 1973: Translocations between wheat chromosomes and an Agropyron chromosome conditioning rust re-

sistance. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Columbia, Missouri, USA, 201-207

ZENNYOZI, A. 1959: Results of crossings between Triticum and Agropyron. Wheat Inf. Serv. 9-10, 25-26

ZENNYOZI, A. 1963: F_1 hybrids between four species of Secale and Agropyron intermedium. Wheat Inf. Serv. 15-16, 30-31

Sehr herzlich danke ich Herrn Prof. Dr. K.-D. Krolow für die Überlassung des Themas, seine ständig freundliche Unterstützung und die vielen, hilfreichen Ratschläge für diese Arbeit.

Gleichfalls möchte ich meiner Arbeitsgruppe und allen Mitarbeitern des Institutes für Angewandte Genetik für ihre Hilfe danken.

Ebenso danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, daß sie mir in finanzieller Hinsicht diese Arbeit ermöglicht hat.

LEBENSLAUF

Name:	Ziegler, Dorothe-Johanna geb. Vos
Geboren:	16. Juni 1955 in Berlin-Charlottenburg als Tochter des selbständigen Kaufmannes Franciscus Xaverius Vos und seiner Ehefrau Annelies, geb. Krause
Schulausbildung:	1962 - 1968 7. Grundschule in Berlin-Steglitz 1968 - 1974 Fichtenberg-Gymnasium in Berlin-Steglitz, neusprachlicher Zweig Abitur Dezember 1974
Studium:	SS 1975 - WS 1980/81 Freie Universität Berlin, Fachbereich Biologie Vordiplom 1977 Diplomarbeit am Institut für Angewandte Genetik Diplom 1981 Seit 1981 Doktorandin am Institut für Angewandte Genetik
Berufliche Tätigkeiten:	SS 1980 - SS 1981 Tutor am Institut für Angewandte Genetik Mai 1981 - April 1984 wiss. Mitarbeiterin im Rahmen des DFG-Vorhabens: Introgressionsversuche mit Agropyron elongatum zur Verbesserung von Triticale